



SKRIPSI – 141501

***Analisa Engine Performance dan Combustion Process* dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Campuran**

**Ramdhan Febrianto Saputra
04211240000124**

**Dosen Pembimbing :
Ir Aguk Zuhdi Muhammaad Fathallah, M.Eng, Ph.D
Adhi Iswantoro ST., MT.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



THESIS - 141501

Engine Performance and Combustion Process Analysis Diesel Engine from Mixed Biodiesel

Ramdhan Febrianto Saputra
04211240000124

Academic Supervisor :
Ir Aguk Zuhdi Muhammaad Fathallah, M.Eng, Ph.D
Adhi Iswantoro ST., MT.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Analisa Engine Performance dan Combustion Process dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Campuran

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem
Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

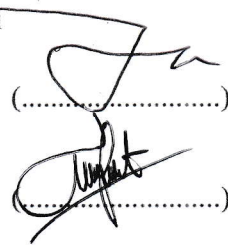
Oleh:

Ramdhan Febrianto Saputra
NRP. 04211240000124

Disetujui oleh Dosen Pemimbing Skripsi

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
NIP: 1956 0519 1986 10 1001

Adhi Iswantoro St., MT.
NIP: 1991 2017 11 050



(.....)

(.....)

Surabaya
Januari, 2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Analisa Engine Performance dan Combustion Process dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Campuran

SKRIPSI

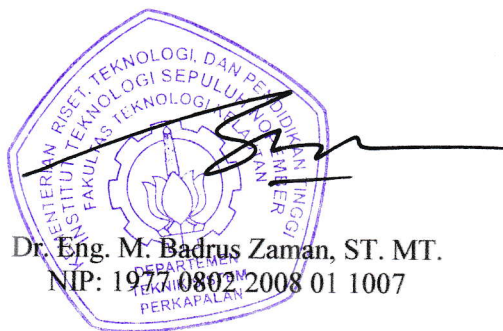
Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem
Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Ramdhhan Febrianto Saputra
NRP. 04211240000124

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT.
NIP: 197708022008011007

Surabaya
Januari, 2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Analisa Engine Performance dan Combustion Process dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Campuran

Nama Mahasiswa : Ramdhan Febrianto Saputra
NRP : 04211240000124
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.D
: Adhi Iswantoro ST., MT.

Abstrak

Sudah banyak biodiesel yang diteliti sejak dahulu hingga saat ini, dari biodiesel berbahan palam, kacang – kacangan hingga lemak hewan. Namun dari sekian banyak biodiesel yang telah diteliti dan dibuat ada beberapa biodiesel yang tidak memenuhi standar biodiesel, misalnya saja di Indonesia. Standar bahan bakar di Indonesia sendiri memiliki standar yang disebut SNI, sebelum bahan bakar bisa digunakan secara massif harus lah memenuhi kriteria SNI terlebih dahulu. Sebagai contoh dari biodiesel yang telah diteliti biodiesel berbahan baku biji kapuk misalnya, pada umumnya penelitian sebelumnya banyak mendapatkan biji kapuk memiliki viskositas yang tinggi diatas standar SNI yaitu 6 cSt meskipun biji kapuk memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga baik di jadikan sebagai alternatif bahan bakar. Kemudian di lakukanlah eksperimen untuk mencampur biodiesel yang tidak sesuai SNI ini dengan biodiesel yang telah masuk dalam setandar SNI sehingga biodiesel yang tidak layak digunakan ini bisa digunakan dengan proses pencampuran ini. Penelitian ini membahas tentang bagaimana memperoleh kadar campuran yang tepat agar dapat digunakan dan memenuhi Standar SNI. Analisisnya sendiri dilakukan meliputi performa dan *combustion characteristic*. Dari hasil penelitan biji kapuk yang dicampur dengan kelapa dapat memenuhi standar SNI dengan penggunaan formula bloomfield sehingga di dapatkan biodiesel campuran antara kelapa dan kapuk pada viskositas 4 cSt dengan komposisi 85% kelapa dan 15% biodiesel lalu untuk 6 cSt diperoleh dengan kadar 55% kelapa dan 45% kapuk. Untuk performa dan karakteristik pembakaran didapatkan hasil dimana bahan bakar campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 6 memiliki performa dan karakteristik terbaik namun sedikit boros. Dalam penelitian ini membuktikan bahwa penambahan biodiesel terhadap bahan bakar akan menaikkan performanya dan dapat mempercepat waktu *ignition delay* serta mengurangi *knocking*.

Keywords : Biodiesel, Minyak Biji Kapuk, Minyak Kelapa, Campuran, viskositas, performa motor, Proses Pembakaran

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Engine Performance and Combustion Process Analysis Diesel Engine from Mixed Biodiesel

Nama Mahasiswa : Ramdhan Febrianto Saputra
NRP : 04211240000124
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.D
: Adhi Iswantoro ST., MT.

Abstract

A lot of fuel biodiesel have been studied, from biodiesel comes from palm, nuts to animal fat. Yet from many of biodiesel that has been studied and made there are biodiesel that do not meet the standards of biodiesel, for example, in Indonesia. Standard Fuel in Indonesia itself has a standard called SNI, before fuel can be used massively must meet the criteria of SNI first. As an example cotton seed biodiesel, in previous research got cotton seed biodiesel have high viscosity above SNI standard that is 6 cSt, although cotton seed has high heating values which make cotton seed good for alternative fuel. This research discuss about how to obtain the right mixture to be used to be in SNI standard. The analysis itself includes performance and combustion characteristic. From result of research of cotton seed biodiesel mixed with coconut biodiesel can fulfill SNI standard by using bloomfield formula so get mixture of biodiesel between coconut and cotton seed at viscosity 4 cSt with composition 85% coconut and 15% cotton seed and with viscosity 6 cSt from composition 55 % coconut oil, 45% cotton seed oil. For performance and combustion characteristics obtained results where the mixed fuel between coconut and cotton seed with viscosity 6 has the best performance and characteristics but a little wasteful. In this research proves that the addition of biodiesel to fuel will increase its performance and can speed up the ignition delay time also reduce knocking.

Keywords : Biodiesel, cotton seed oil, coconut oil, mixed, viscosity, engine performance, combustion process

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T berkat limpahan rahmat, hidayah dan bimbingan-Nya sehingga skripsi dengan judul “ **Analisa Engine Performance dan Combustion Process dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Campuran**” dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Sholawat serta salam atas junjungan nabi besar Muhammad SAW yang diharapkan syafaatnya hingga diakhir kiamat.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, MEng, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan semangat, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
3. Bapak Nur selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam persiapan praeksperimen hingga eksperimen selesai.
4. Bapak Karmono, Ibu Tarsini serta Friska Destami dan Noval Triyantaka selaku bapak, ibu dan adik tercinta dari penulis yang selalu memberikan doa, kasih saying, masukan serta dukungan baik moril maupun materil kepada penulis.
5. Teman – teman “Marine Power Plant” yang senantiasa membantu dan menemani penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Kawan – kawan seperjuangan dan seangkatan BISMARCK '12 baik yang tersisa sebagai sesame pejuang kelulusan maupun yang telah lulus, memberikan kenangan manis selama penulis menempuh jenjang pendidikan ini.
7. Teman kos “kas karji” yang telah mewarnai hari – hari dikala bosan menghadang, walau terkadang yang bikin males juga terimakasih bantuannya selama ini.
8. Untuk bayu nurwana dan yusf dwi janarko yang telah membantu dalam pengambilan data eksperiment.
9. Gusma hamdan putra yang telah membantu dalam mengetahui cara kerja software untuk analisis pembakaran sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
10. Laras murni rahayu dan dhita gustien yang telah membantu menemukan rumus dari inti masalah dalam tugas akhir ini.
11. Evia Nanda, yang selalu menjadi semangat, motivasi, serta doa dan bantuannya dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari pula bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu perlunya saran dan masukan demi membangun kebaikan dan kemajuan skripsi ini, Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membuthkannya, aamiin.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Skripsi	2
1.4 Batasan Permasalahan	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pendahuluan	5
BAB III	9
METODOLOGI PENELITIAN.....	9
3.1 Perumusan Masalah.....	11
3.2 Studi Literatur & Pengumpulan Data	11
3.3 Persiapan Bahan dan Produksi biodiesel serta Campurannya	11
3.4 Engine Set Up.....	12
3.5 Eksperimen	13
3.6 Pengumpulan Data.....	13
3.7 Analisis dan pembahasan	13
3.8 Kesimpulan dan Saran	13
BAB IV	15

ANALISA DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Pembuatan Biodiesel	15
4.1.1 <i>Degumming</i>	15
4.1.2 <i>Transesterifikasi</i>	16
4.1.3 <i>Washing</i>	17
4.1.4 <i>Drying</i>	18
4.2 Pembuatan & Perhitungan Properties Biodiesel Campuran	19
4.3 Uji Karakteristik Biodiesel	22
4.4 Performa Motor Diesel Dengan Bahan Bakar B30 dari Biodiesel Kelapa, Biji Kapuk dan Campuran dari Biji Kapuk Kelapa.....	23
4.5 Analisa Hasil Pembakaran Motor Diesel Dengan Bahan Bakar B30 dari Biodiesel Kelapa, Biji Kapuk dan Campuran dari Biji Kapuk Kelapa.....	32
4.6 Pembahasan	46
BAB V	49
KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram alur penelitian	10
Gambar 3.2 Engine Set Up.....	12
Gambar 4.1 Gliserol pada biodiesel kelapa dan kapuk	17
Gambar 4.2a <i>Settling</i> pada proses <i>Washing</i> pada biodiesel kelapa	17
Gambar 4.2b <i>Settling</i> pada proses <i>Washing</i> pada biodiesel kapuk.....	17
Gambar 4.3 Hasil akhir dari <i>drying</i>	18
Gambar 4.4 Grafik viskositas Gambil terhadap eksperimen	21
Gambar 4.5 Grafik viskositas Bloomfield terhadap eksperimen	21
Gambar 4.6 Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B0 atau dextrite murni	23
Gambar 4.7 Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B30 kelapa.....	24
Gambar 4.8 Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B30 kapuk	25
Gambar 4.9 Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B30 campuran kelapa dan kapuk pada viskositas campuran 4 cst (sebelum dicampur dextrite)	26
Gambar 4.10. Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B30 campuran kelapa dan kapuk pada viskositas campuran 6 cst (sebelum dicampur dextrite)	27
Gambar 4.11 Grafik performasi power vs RPM pada variasi campuran kandungan biodiesel.....	28
Gambar 4.12. Grafik performasi Torsi vs RPM pada variasi campuran kandungan biodiesel.....	29
Gambar 4.13 Grafik performasi BMEP vs RPM pada variasi campuran kandungan biodiesel.....	31
Gambar 4.14 Grafik pressure rate 100% RPM dan load 25 %.....	31
Gambar 4.14 Grafik pressure rate 100% RPM dan load 25 %.....	32
Gambar 4.14 Grafik pressure rate 100% RPM dan load 25 %.....	33
Gambar 4.14 Grafik pressure rate 100% RPM dan load 25 %.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Biodiesel Standart di Beberapa Negara	5
Tabel 2.2. Contoh Standar Biodiesel Australia	6
Tabel 2.3 Standar Biodiesel SNI	7
Tabel 2.4. Komposisi Element dari Bahan Bakar Diesel dan Biodiesel, % (m/m)	7
Tabel 2.5. Perbandingan Properties Biodesel	8
Tabel 4.1. Tabel perbandingan campuran dari hasil method Gambil dan Bloomfield terhadap Eksperiment	20

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi tak terbarukan secara besar besaran semakin hari semakin meningkat mengingat perkembangan teknologi yang sebanding dengan kebutuhan energi. Hal ini menyebabkan terjadinya krisis pada sumber energi tersebut terutama sumber energi yang tak terbarukan seperti minyak bumi dan batu bara. Mengingat eksplorasi yang terjadi besar besaran pada kurun waktu ini diperkirakan bahan bakar minyak bumi (fosil) akan habis dalam 60 tahun kedepan (*Borman, 1998*). Kebutuhan energi inilah yang menjadikan tantangan saat ini dimana kebutuhan energi yang meningkat namun sumber energi tersebut bisa diperbaharui dan digunakan dalam jangka panjang.

Oleh karena itu jawaban akan energi terbarukan ini harus lah dicari alternatifnya. Ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi dapat dikurangi dengan cara memanfaatkan bahan bakar biodiesel. Dimana bahan bakunya masih sangat besar dan dapat dikembangkan (*Darmanto dan Ireng, 2006*). Biodiesel sendiri merupakan bioenergi berupa minyak (diesel) yang bersumber dari minyak nabati maupun lemak hewani. Minyak tumbuhan yang sering digunakan antara lain minyak sawit (*palm oil*), minyak kelapa, minyak jarak dan minyak biji kapok randu, sedangkan lemak hewani seperti lemak babi, lemak ayam , lemak sapi, dan juga lemak yang berasal dari ikan (*Wibisono, 2007 ; Sathivel, 2005*).

Biodiesel sendiri memiliki beberapa karakteristik yang bisa dikatakan lebih menguntungkan. Dibandingkan dengan bahan bakar fosil, biodiesel mempunyai kelebihan diantaranya bersifat *biodegradable, non –toxic*, mempunyai angka emisi CO₂ dan gas sulfur yang rendah dan sangat ramah terhadap lingkungan (*Marchetti dan Erarazu, 2008*). Selain itu dibandingkan dengan bahan bakar diesel sendiri, biodiesel menghasilkan karakteristik mesin yang baik pada bagian pemakaian bahan bakar dan daya optimum (*Murayam, dkk. 2000*). Pemakaian Biodiesel dicampur dengan bahan bakar diesel didapatkan suatu hasil dengan kondisi viskositas yang lebih tinggi, sehingga didapatkan suhu mesin yang dingin (*Altiin, dkk. 2000*).

Salah satu kendala dalam penerapan bahan bakar biodiesel ini ialah harga bahan baku yang dirasa masih tinggi dan masih ditingkat konsumsi bukan industri. Hingga saat ini bahan baku yang dirasa paling siap ialah tanaman kelapa sawit (*Budi, 2016*). Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan salah satu penghasil tanaman sawit terbesar namun perlu diingat hasil dari minyak sawit ini digunakan untuk konsumsi. Penggunaan minyak sawit ini pada akhirnya akan menjadi minyak sisa konsumsi atau biasa kita sebut minyak jelantah, minyak jelantah ini tidak memiliki nilai untuk dikonsumsi lagi sebab minyak jelantah mengandung senyawa- senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan sehingga dapat menyebabkan penyakit kanker dalam jangka waktu yang panjang (*Tamrin 2013*). Namun rendahnya mutu jelantah sebagai konsumsi bisa diakali dengan membuatnya sebagai biodiesel yang bermutu.

Tetapi jika penggunaan ini terjadi secara besar dan jangka panjang hal ini menjadi masalah baru sebab permintaan dari penggunaan yang terus meningkat namun ketersediaan bahan baku akibat keterbatasan lahan. Oleh karena itu salah satu solusinya bisa menggunakan biodiesel yang tidak terdiri dari satu jenis biodiesel saja. Salah satu biodiesel yang cukup potensial sebagai penghasil minyak nabati ialah kemiri sunan (Heyne, 1987).

Selain alasan tersebut salah satu yang menjadi kendala ialah beberapa biodiesel yang telah dikembangkan tidak semua masuk dalam standar SNI, seperti contohnya minyak kemiri sunan ini yang pada penelitian sebelumnya didapatkan nilai viskositas yang tidak memenuhi standar SNI. Kemudian ada pula kastor yang nilai viskositasnya dibawah standar SNI dan kapuk yang nilai *heating value*-nya tidak memenuhi standar SNI.

Maka untuk mengetahui kelayakan penggunaan bahan bakar biodiesel campuran dan untuk mendapatkan formula campuran yang pas sesuai dengan SNI, dilakukanlah penelitian ini.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang disebutkan, sehingga penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut :

- a) Bagaimana memperoleh campuran sehingga kandungan *properties* biodiesel campuran sesuai dengan standar SNI ?
- b) Bagaimana performansi/prestasi motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel campuran ?
- c) Bagaimana karakteristik pembakaran motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel campuran ?

1.3 Tujuan Skripsi

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a) Memperoleh campuran yang tepat sehingga kandungan *properties* biodiesel sesuai dengan standar SNI ?
- b) Mengetahui performansi/prestasi motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel campuran.
- c) Mengetahui karakteristik pembakaran motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel campuran .
- d)

1.4 Batasan Permasalahan

Untuk melaksanakan penelitian ini diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

- a) Analisa proses pembakaran dilakukan pada motor diesel jenis **Yanmar TF85 MH** yang berada di laboratorium *Power Plant* FTK ITS
- b) Jenis campuran yang akan digunakan maksimal 3 jenis biodiesel

- c) Ruang lingkup analisis proses pembakaran terdiri dari tekanan maksimum (*Maximum Pressure*), perubahan energy panas (*heat release*)
- d) Tidak menganalisis dari segi ekonomi

1.5 Manfaat

Berikut manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini :

- a) Menambah pengetahuan dan wawasan tentang sumber daya hayati sebagai sumber biodiesel.
- b) Menambah pengetahuan tentang pembuatan dan pencampuran biodiesel
- c) Memberikan masukan / rekomendasi formula campuran biodiesel.
- d) Menambah pengetahuan pada performa kerja motor diesel yang berbahan bakar biodiesel campuran.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Kualitas biodiesel dapat dipengaruhi dari beberapa factor diantaranya kualitas bahan baku, komposisi asam lemak dari tanaman atau hewan yang digunakan, proses produksi dan material yang digunakan saat produksi, *post production parameter*, dan bagaimana penyimpanannya (Barabas and Todorut, 2011). Kriteria utama dalam mengetahui kualitas biodiesel itu sendiri ialah dengan mengetahui karakteristik sifat fisik dan kimianya. Maka dibuat lah suatu standart mutu tertentu untuk memberikan batasan kualitas yang harus dipenuhi untuk tiap - tiap biodiesel. Standart saat ini yang digunakan untuk mengatur kualitas biodiesel di pasaran yaitu berdasarkan dari berbagai macam factor yang mana berbeda tiap- tiap wilayahnya, termasuk karakteristik dari standart diesel yang ada, dominasi dari tipe mesin diesel yang banyak digunakan, peraturan emisi yang mengatur mesin tersebut, tahap pengembangan dan iklim dari suatu wilayah/Negara yang memproduksi atau menggunakan, dan tidak terkecuali tujuan dan motivasi penggunaan biodiesel (Komisi Eropa, 2007).

Tabel 2.1 Biodiesel Standart di Beberapa Negara

Country/ Area	Specifications	Title
EU	EN 14213	Heating fuels - Fatty acid methyl esters (FAME) - Requirements and test methods
EU	EN 14214	EN 14214 Automotive fuels - Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines - Requirements and test methods
U.S.	ASTM D 6751	ASTM D6751 - 11a Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels
Australia		Fuel Standard (Biodiesel) Determination 2003
Brazil	ANP 42	Brazilian Biodiesel Standard (Agência Nacional do Petróleo)
India	IS 15607	Bio-diesel (B 100) blend stock for diesel fuel - Specification
Japan	JASO M360	Automotive fuel - Fatty acid methyl ester (FAME) as blend Stock
South Africa	SANS 1935	Automotive biodiesel fuel

Sumber : Komisi Eropa 2007 ; NREL 2009

Tabel 2.2. Contoh Standar Biodiesel Australia

Property	Test method	Limits		Unit
		min	max	
Sulfur	ASTM D5453	–	50 10	mg/kg
Density at 15 °C	ASTM D1298, EN ISO 3675	860	890	kg/m ³
Distillation T90	ASTM D1160	–	360	°C
Sulfated ash	ASTM D 874	–	0.20	% (m/m)
Viscosity at 40 °C	ASTM D445	3.5	5.0	mm ² /s
Flash point	ASTM D93	120	–	°C
Carbon residue		–	–	–
– 10% dist. residue	EN ISO 10370	–	0.30	% (m/m)
– 100% dist. Sample	ASTM D4530	–	0.05	% (m/m)
Water and sediment	ASTM D2709	–	0.050	% (v/v)
Copper strip corrosion (3 hours at 50°C)				
< 10 mg/kg of sulfur	EN ISO 2160		Class 1	
> 10 mg/kg of sulfur	ASTM D130	–	No. 3	–
Ester content	EN 14103	96.5		% (m/m)
Phosphorus	ASTM D4951	–	10	mg/kg
Acid value	ASTM D664	–	0.80	mg KOH/g
Total contamination	EN 12662, ASTM D5452	–	24	mg/kg
Free glycerol	ASTM D6584	–	0.02	% (m/m)
Total glycerol	ASTM D6584	–	0.25	% (m/m)
Cetane number	EN ISO 5165, ASTM D613 ASTM D6890, IP 498/03	51	–	–
Cold-filter plugging point		report	–	°C
Oxidation stability 6 hours at 110°C	EN 14112, ASTM D2274 (as relevant for biodiesel)	–	–	hours
Metals: Group I (Na, K)	EN 14108, EN 14109 (Group I)	–	5	mg/kg
Metals: Group II (Ca, Mg)	EN 14538 (Group II)	–	5	mg/kg

Sumber : www.environment.gov.au, 2003

Seperti yang dijelaskan oleh komisi eropa, tiap – tiap Negara/ wilayah memiliki standratnya sendiri dalam membuat biodiesel berdasarkan iklim dan kondisi mesin yang dominan digunakan dalam wilayah tersebut. Begitupun dengan Indonesia yang

memiliki standarnya sendiri, biasa disebut dengan SNI. Berikut standar SNI yang diberlakukan untuk Biodiesel.

Tabel 2.3 Standar Biodiesel SNI

No	Parameter	Batas Nilai	Unit
1.	Densitas pada 15 ⁰ C	850-890	Kg/m ³
2.	Viskositas kinematic pada 40 ⁰ C,	2,3-6,0	cSt
3.	Angka Sentana	Min. 51	
4.	Flash point pada 0 ⁰ C	Min. 100	⁰ C
5.	Cloud point	Max. 18	⁰ C
6.	Pour Point	Max. 18	⁰ C
7.	Korosi bilah tembaga (3 jam, 500 ⁰ C)	Max. 3	-
8.	Residu karbon	Max. 0,05	% massa
9.	Air dan sedimen	Max. 0,05	% volume
10.	Temperature distilasi 90%, 0 ⁰ C	Max. 360	⁰ C
11.	Abu tersulfatkan	Max. 0,02	% massa
12.	Belerang, ppm-b	Max. 100	mg/kg
13.	Fosfor, ppm-b	Max. 10	mg/kg
14.	Angka asam	Max. 0,8	Mg-KOH/g
15.	Gliserol bebas	Max. 0,02	% massa
16.	Gliserol tetap	Max. 0,24	% massa
17.	Kadar ester alkil	Min. 96,5	% massa
18.	Lower Heating Value	Max. 42,54	MJ/kg

Sumber : Standar Mutu Biodiesel SNI 7182 :2015

Rasio C/H dan formula kimia dari diesel dan biodiesel yang dibuat dari berbagai macam *feed stock* dapat dilihat pada tabel 2.4 (Barabas & Todorut, 2010 ; Chuepeng & Komintarachat, 2010). Tidak seperti bahan bakar fosil, yang mana terdiri dari ratusan rantai hydrocarbon, biodiesel hanya terdiri dari beberapa asam lemak dan methy ester, jumlahnya tergantung dari sumber bahan baku yang dibuat untuk menjadi biodiesel dan rentangnya antara 6 sampai 17 (Shannon & Wee, 2009).

Tabel 2.4. Komposisi Element dari Bahan Bakar Diesel dan Biodiesel, % (m/m)

Fuel	C	H	O	C/H	Empirical formula
Diesel	86.5	13.5	0	6.24	C _{15.05} H _{27.94}
RME	77.2	12.0	10.8	6.45	C _{19.03} H _{35.17} O ₂
SME	77.2	11.9	10.8	6.60	C _{19.05} H _{34.98} O ₂
PME	76.35	11.26	12.39	6.16	C _{18.07} H _{34.93} O ₂

Dari sekian banyak biodiesel yang telah diteliti tidak semua memenuhi standar yang ada. Seperti yang digambarkan pada tabel 2.5 berikut ini perbandingan dari beberapa biodiesel yang telah diteliti.

Tabel 2.5. Perbandingan Properties Biodiesel

Parameter	JENIS BAHAN BAKAR					
	Standar SNI	Kemiri Sunan	Kedelai	Jelantah	Kastor	Biji Kapuk
Viskositas 40°C (cSt)	2,3 - 6,0	8.23	5,58	5,39	1.9 - 6,0	4.1
Densitas pada 15°C, gr/cm ³	0,85 - 0,89	0,88	0,89	0,88	0,88	0.91
Heating Value, MJ/kg	42,54 (Min)	42, 38	42,27	42.45	39-43,33	39,54

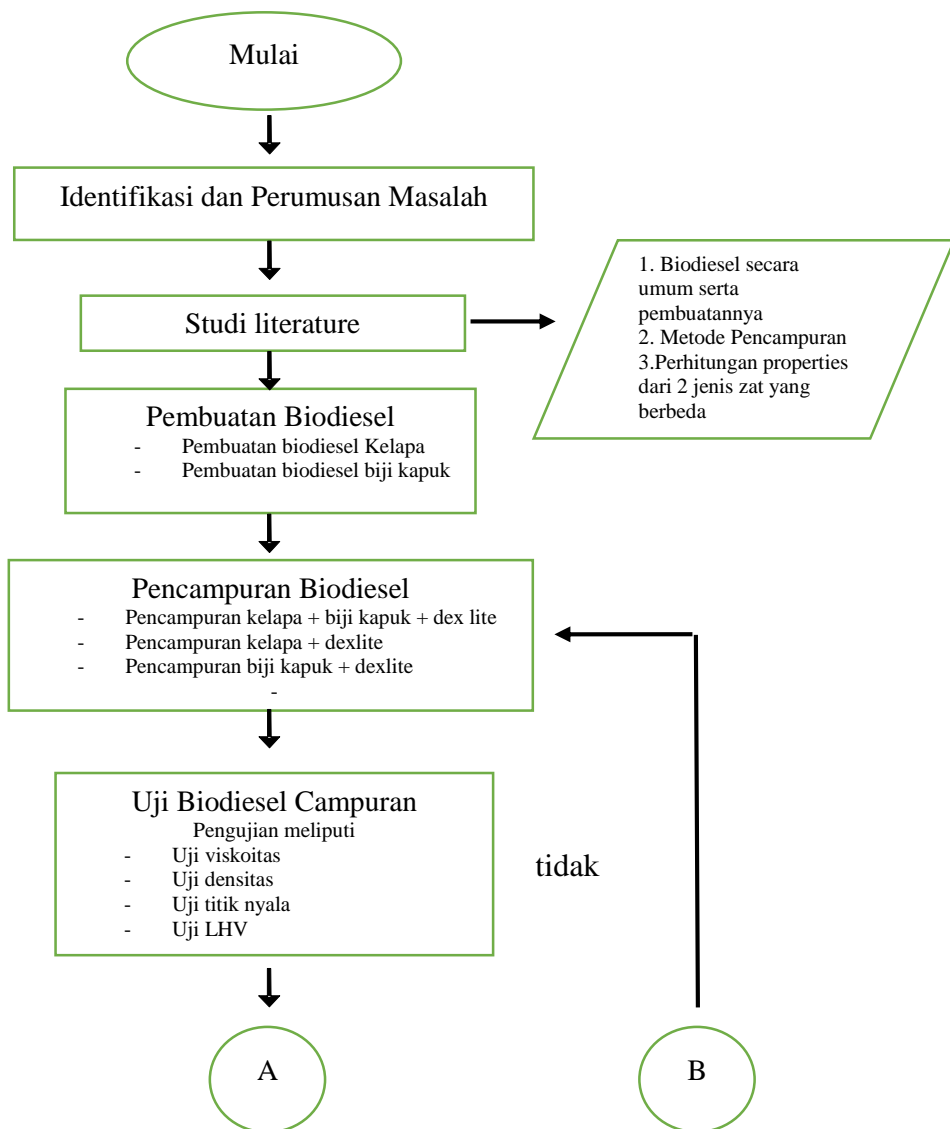
Nilai - nilai properties dari tiap – tiap biodiesel diambil dari penelitian sebelumnya, untuk kemiri sunan oleh (Budi, 2016), kedelai (Ariefianto, 2016), jelantah (Nariati, 2016), Kastor (Amin ,dkk, 2015), biji kapuk (Bello dan Aladesuru, 2015). Dalam properties yang ada pada tabel 2.5 kemiri sunan memiliki nilai viskositas jauh diatas standar SNI yang diperbolehkan. Berbanding terbalik dengan kemiri sunan, kastor dan biji kapuk memiliki nilai viskositas yang termasuk kecil walaupun masuk dalam standar SNI. Sehingga didapatkan kemungkinan untuk mencampur biodiesel yang mana memiliki nilai viskositas tinggi dengan yang memiliki nilai viskositas rendah.

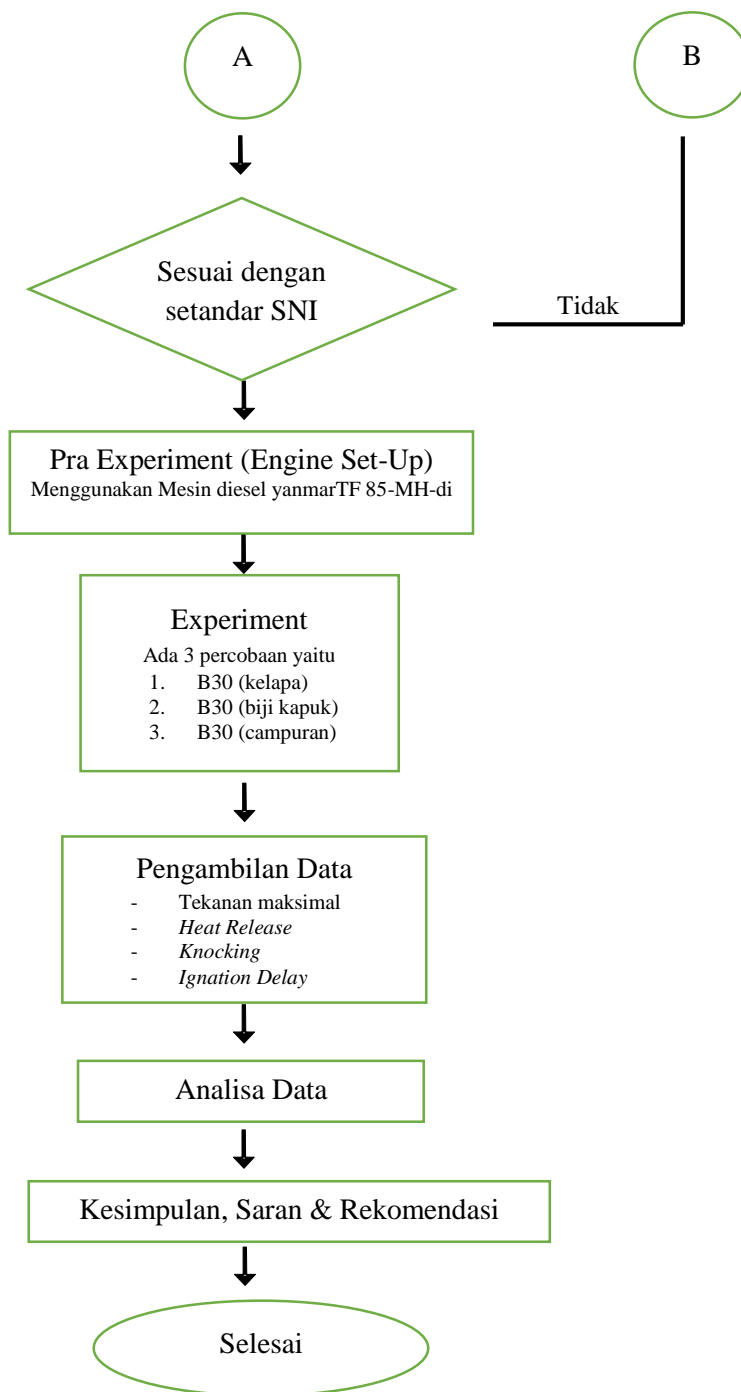
Dalam pengoprasian bahan bakar biodiesel ke motor diesel ada hal yang harus diperhatikan, yaitu munculnya *knocking*. *Knocking* yaitu hal yang disebabkan karena terlalu banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan pada tahapan pembakaran tertunda. Sehingga terlalu banyak bahan bakar yang terbakar pada tahapan kedua yang mengakibatkan tekanan dalam silinder meningkat drastis serta menghasilkan getaran dan suara yang keras. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian analisa *combustion process* motor diesel yang menggunakan biodiesel kemiri sunan sebagai bahan bakarnya untuk mengetahui bagaimana kondisi pembakaran (*combustion process*) (Prabowo, 2014).

Combustion analisys process merupakan penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik proses pembakaran meliputi *ignition delay*, *maximum pressure*, *heat release* dan *knocking*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah dengan melakukan eksperimen. Sebelum melakukan eksperimen, terlebih dahulu akan dilakukan proses pembuatan bahan bakar berupa biodiesel murni dengan 2-3 jenis biodiesel. Setelah itu barulah dilakukan pencampuran dari biodiesel satu sama lain tersebut sampai didapatkan formula yang pas sehingga kriteria yang diminta oleh SNI telah terpenuhi. Adapun Diagram sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahapan awal dalam pengerjaan skripsi. Pada bagian ini dirumuskan masalah apa yang akan dikaji dan dianalisis berdasarkan teori. Pada perumusan masalah pada TA ini dititik beratkan pada bagaimana pembentukan formula yang sesuai untuk mencampur biodiesel agar sesuai standar SNI dan bagaimana performa dan proses pembakarannya pada mesin diesel

3.2 Studi Literatur & Pengumpulan Data

Pada tahap ini, penulis akan mempelajari berbagai macam literature yang berhubungan dengan tugas akhir, yakni tentang biodiesel secara umumnya kemudian proses pencampuran dan perhitungannya. Penulis juga akan mempelajari teknik pencampuran bahan bakar dan proses eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan nilai *perform engine* dan *combustion processnya*.

3.3 Persiapan Bahan dan Produksi biodiesel serta Campurannya

Pada Tahap ini dilakukan semua persiapan peralatan yang akan digunakan untuk membuat biodiesel murni atau B100 dengan mempersiapkan bahan utama yaitu maksimal 3 jenis biodiesel. Alat yang digunakan dalam percobaan merupakan alat skala laboratorium yang terdiri dari transesterifikasi dan peralatan uji karakteristik. Sementara untuk bahan yang diperlukan meliputi, minyak lemak, aquades, methanol, dan katalis. Setelah proses pembuatan biodiesel murni atau B100 telah selesai dibuat kemudian semua sampel akan dilakukan pengecekan di laboratorium untuk mengetahui properties tiap – tiap biodiesel, selanjutnya barulah dimulai melakukan proses pencampuran. Untuk perbandingannya sendiri nantinya biodiesel campuran ini akan dibandingkan dengan biodiesel murni sebagai bahan pertimbangan apakah biodiesel hasil campuran ini lebih baik dari biodiesel murni. Berikut variabel yang dipersiapkan untuk lebih jelasnya :

- a) Variasi bahan bakar sebagai berikut :
 - Biodiesel murni
 - Campuran biodiesel
 - B30 : campuran mix biodiesel 30% dan dextrite 70%

- b) Variabel RPM mesin dikontrol

RPM engine yang digunakan ialah 5 titik putaran teratas pada engine yaitu 1800, 1900, 2000, 2100, 2200

- c) Variabel Pembebanan berubah disesuaikan
- d) Variabel control
 - Analog Set Up

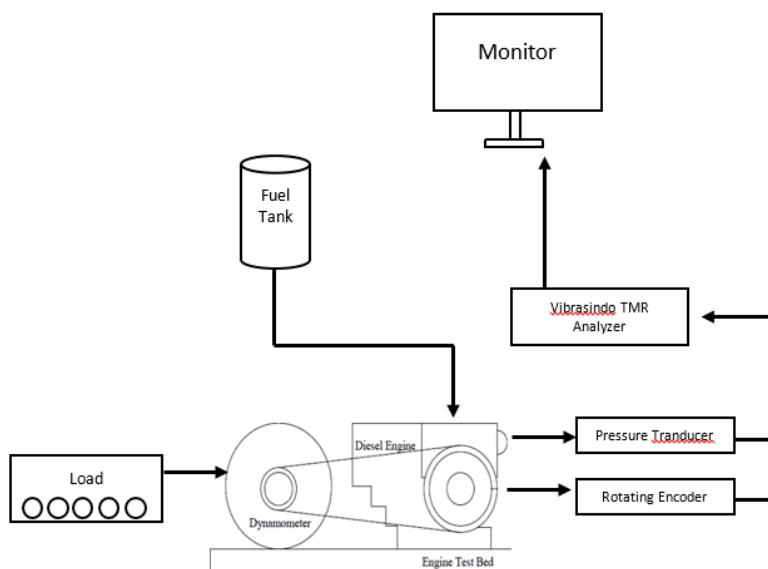
- Engine Set Up
- Angel Sensor Set up
- Top dead Center Detection
- Thermodynamic Set up
- Knock Detection Set up

e) Variable Hasil

- Maximum pressure
- Heat Release
- Ignation Delay

3.4 Engine Set Up

Pada tahap ini akan disiapkan peralatan dan pemasangan alat-alat yang nantinya akan mendukung dalam pengambilan data hasil uji ini. Seperti pemasangan sensor-sensor yang terdiri dari *Hardware Vibrasindo TMR-Card Board & TMR –Crankangle-Rotary Encoder* pada mesin diesel **YANMAR** tipe **TF 85 MH-di**. Selain itu ada pula alat uji berupa *Electric Dynammo* untuk mengetahui performa engine serta Combustion Analyzer. Selain itu dilakukan pula proses penginstalan software/tool yang bernama *TME instrument* yang memperlihatkan hasil proses pembakaran. Pada engine set up ini dilakukan *running tes* atau pengecekan kondisi awal dari mesin YANMAR ini untuk mengetahui karakteristik awal dari mesin ini. Dalam tahap ini diharapkan semua telah tersedia dan siap untuk dilakukan eksperimen sebab jika dalam set up awal tidak sempurna dan ditemukan kesalahan dikemudian hari saat pengujian berlangsung maka hasil yang didapat sudah dipastikan akan tidak optimal. Berikut gambaran engine set up awal



Gambar 3.2 Engine Set Up

3.5 Eksperimen

Eksperimen dilakukan setelah engine sudah dinyatakan siap uji dan bahan bakar biodiesel campuran telah diproduksi dan siap digunakan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui :

- a. *Engine Perform* yang didalamnya nanti akan diketahui daya, torsi, SFOC, BMEP, dan efisiensi thermal dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel campuran dengan perbandingan biodiesel non campuran.
- b. *Combustion process* yang didalamnya nanti akan diketahui karakteristik proses pembakaran dari *pressure dan heat release* dari motor diesel menggunakan biodiesel campuran dibandingkan dengan biodiesel noncampuran.

3.6 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah eksperimen berlangsung. Dari eksperimen ini akan diperoleh data tentang karakteristik performa mesin dan *combustion process* mesin berbahan bakar biodiesel campuran dan non campuran.

3.7 Analisis dan pembahasan

Analisis yang dilakukan pada percobaan ini ialah mengamati prestasi mesin (engine performa) dan *combustion process* mesin diesel berbahan bakar biodiesel campuran berbanding dengan biodiesel non campuran.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan akan diambil dengan mengaitkan antar permasalahan yang telah dirumuskan dengan hasil analisa dari percobaan yang telah dilakukan. Saran diberikan agar percobaan selanjutnya lebih maksimal dan dapat mengembangkan lebih jauh lagi tugas akhir yang telah dikerjakan ini.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Biodiesel

Pembuatan biodiesel ini perlu dipersiapkan dengan baik dan juga untuk peralatannya sebisa mungkin peralatan yang digunakan dalam skala laboratorium yang terdiri dari peralatan transesterifikasi dan uji karakteristik. Adapun alat dan bahannya diantaranya :

1. Minyak utama sebagai biodiesel
2. Methanol
3. Aquades
4. KOH
5. H_2SO_4
6. H_3PO_4
7. Thermometer
8. Kompor
9. Gelas Ukur
10. Gelas Kaca
11. Saringan
12. Timbangan
13. Pengaduk
14. Pipet Tetes

Dalam pembuatan biodiesel ini bahan utama sebagai minyak biodiesel yang digunakan ialah minyak kelapa dan juga minyak biji kapuk. Sebelum minyak biodiesel bisa digunakan ada beberapa tahap dalam proses pembuatannya antara lain *degumming/refinement, transesterifikasi, washing, drying*. Untuk minyak kelapa yang digunakan sendiri berasal dari minyak – minyak yang dijual di supermarket, untuk biji kapuk sendiri didapatkan dari proses pengepresan langsung.

4.1.1 *Degumming*

Degumming adalah proses pemisahan *gum*. Gum ini terdiri dari fosfolipid, protein, residu, dll. Untuk minyak kelapa sendiri tidak dilakukan *degumming* dikarenakan minyak kelapa sudah bebas dari *gum*, hanya minyak biji kapuk yang dilakukan *degumming*. Gum biasanya dilakukan pada minyak yang masih baru di proses dari sumbernya (setelah proses pengepresan). Proses *Degumming* pada biji kapuk ini menggunakan asam H_3PO_4 sebanyak 0.1 % volume minyak sebagai katalisnya. Berikut tahapan *degumming* pada minyak biji kapuk :

- a. Minyak biji kapuk di panaskan pada suhu $70^{\circ}C$ sambil diaduk selama 30 menit
- b. Kemudian tambahkan H_3PO_4 sebanyak 0,1% volume minyak
- c. Aduk dan pertahankan suhu selama 30 menit
- d. Dinginkan kemudian tuang pada corong pemisah lalu endapkan selama 2 hari
- e. Setelah 2 hari, pisahkan endapan dengan minyak yang berada di bagian atas

Endapan yang didapatkan dari total 7 liter minyak biji kapuk ialah sebanyak 1.2 liter.

4.1.2 *Transesterifikasi*

Proses Transesterifikasi sendiri dilakukan 2 tahap. Tujuan dari proses transesterifikasi sendiri ialah merubah trigeliserid menjadi metil ester yang akan menghasilkan gliserol sebagai sampingan (gliserol ini nantinya di buang), hal ini dapat membantu atomisasi yang lebih baik untuk menghasilkan kualitas pembakaran yang lebih baik. Proses transesterifikasi menggunakan basa kuat sebagai katalisnya bisa KOH atau NaOH. Pada pembuatan biodiesel ini digunakan KOH sebagai katalis. Untuk proses nya sendiri sebagai berikut

Tahap 1 :

- a. Panaskan minyak hingga suhu 35- 40⁰C, pastikan semua lemak mencair
- b. Larutkan *metoksid* dibuat dengan mencampurkan methanol dengan perbandingan volume 1 : 6 minyak aduk selama 5 - 10 menit
- c. Teteskan H₂SO₄ sebanyak 1 % volume minyak, ini bertujuan untuk mengentikan reaksi
- d. Aduk secara perlahan selama 30 menit dengan mempertahankan suhu seperti di awal
- e. Diamkan dan biarkan mengendap minimal selama 8 jam (lebih baik 1 hari penuh)
- f. Setelah lewat 8 jam atau lebih pisahkan dari endapan lalu siap masuk pada tahap selanjutnya

Tahap 2 :

- a. Siapkan larutan SODIUM METOKSIDE untuk setiap liter minyak kelapa di beri sebanyak 500 ml methanol dan 3,5 gram KOH sedangkan untuk tiap liter biji kapuk sebanyak 500 ml methanol dan 7 gram KOH
- b. Panaskan minyak pada 45 - 55 ⁰C lalu tuangkan campuran metoksid yang telah dibuat pada minyak yang telah dipanaskan
- c. Lakukan pengadukan secara konstan selama 60 - 90 menit dengan suhu dipertahankan
- d. Diamkan campuran pada corong pemisah selama 24 jam hingga terdapat endapan kemudian pisahkan



Gambar 4.1 Gliserol pada biodiesel kelapa dan kapuk

Gliserol yang dihasilkan dari tiap liter minyak baik dari kelapa maupun biji kapuk berkisar 200 – 300 ml.

4.1.3 *Washing*

Diproses ini minyak yang terdapat hanya ester atau bias disebut FAME. FAME ini dalam proses *washing* akan dicampurkan dengan aquadest guna menghilangkan gliserol dan metoksida yang masih tersisa pada larutan FAME ini. Untuk jumlah dari aquadest sendiri tidak ada patokannya. Washing dilakukan sebanyak 3 kali yang mana jeda waktunya sendiri dalam pencucian pertama diamkan selama minimal 8 jam kemudian 12 jam dan 24 jam. Detail proses washing sendiri sebagai berikut :

- Tuangkan aquadest pada minyak
- Lakukan pengadukan hingga berbuih
- Lalu diamkan selama minimal 8 jam (untuk pencucian pertama)
- Setelah 8 jam pisahkan minyak dengan air
- Ulangi proses sebanyak 3 kali hingga



Gambar 4.2a *Settling* pada proses *Washing* pada biodiesel kelapa



Gambar 4.2b *Settling* pada proses *Washing* pada biodiesel kapuk

Pada proses *washing* ini, dalam proses pemisahannya dilakukan secara manual dengan alat sederhana sehingga banyak jumlah minyak yang terbuang dalam proses ini. Rata – rata dalam dalam pencucian tiap liter minyak terjadi kehilangan sebanyak 150 – 200 ml.

4.1.4 *Drying*

Pada proses *drying* minyak yang telah di pisahkan dari proses *washing* akan dipanaskan pada suhu 100 – 110°C. Tujuan dari proses *drying* ini ialah menghilangkan kandungan air yang tersisa dari dalam minyak akibat proses *washing*. Pada proses pengeringan minyak diaduk sambil menjaga suhu tetap pada titik didih air. Setelah proses ini maka minyak siap digunakan sebagai biodiesel. Untuk Setiap proses diatas rata – rata dari 1 liter minyak menghasilkan 400 – 550 ml biodiesel murni.



Gambar 4.3 Hasil akhir dari *drying*

4.2 Pembuatan & Perhitungan Properties Biodiesel Campuran

Untuk proses pencampurannya sendiri dilakukan secara langsung tanpa menambahkan zat adiktif apapun dikarenakan dalam prosesnya ke dua biodiesel ini dapat mencampur secara sempurna. Untuk formula perhitungannya digunakan 2 rumus pendekatan yaitu metode Gambill (1959) dan juga rumus yang digunakan oleh Bloomfield (1971). Dalam metodenya Gambill (1959) menyatakan persamaan berikut digunakan untuk mengestimasi viskositas dari campuran 2 larutan.

$$V^{1/3} = X_a V_a^{1/3} + X_b V_b^{1/3}$$

Dimana ;

V : Viskositas kinematic

X : Fraksi massa

Sedangkan pendekatan Bloomfield (1971) ini yaitu mengkorelasikan viskositas campuran dengan properties komponene murni dan dengan karakteristik parameter termodinamika dari interseksi antara komponen, sehingga rumusnya menjadi

$$\ln \eta = X_1 \ln \eta_1 + X_2 \ln \eta_2$$

Dimana :

η : viskositas

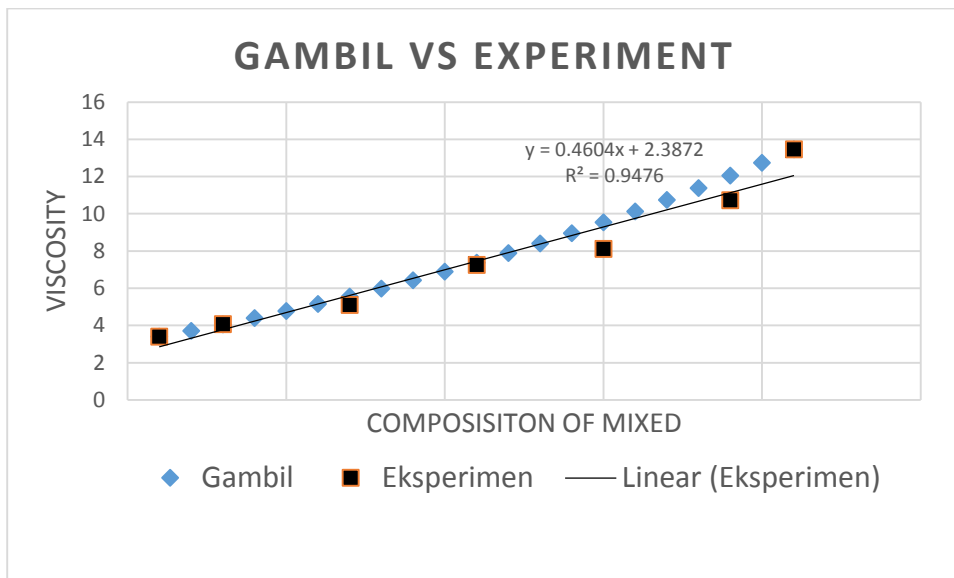
X : Fraksi Mol

Tabel 4.1. Tabel perbandingan campuran dari hasil method Gambil dan Bloomfield terhadap Eksperiment

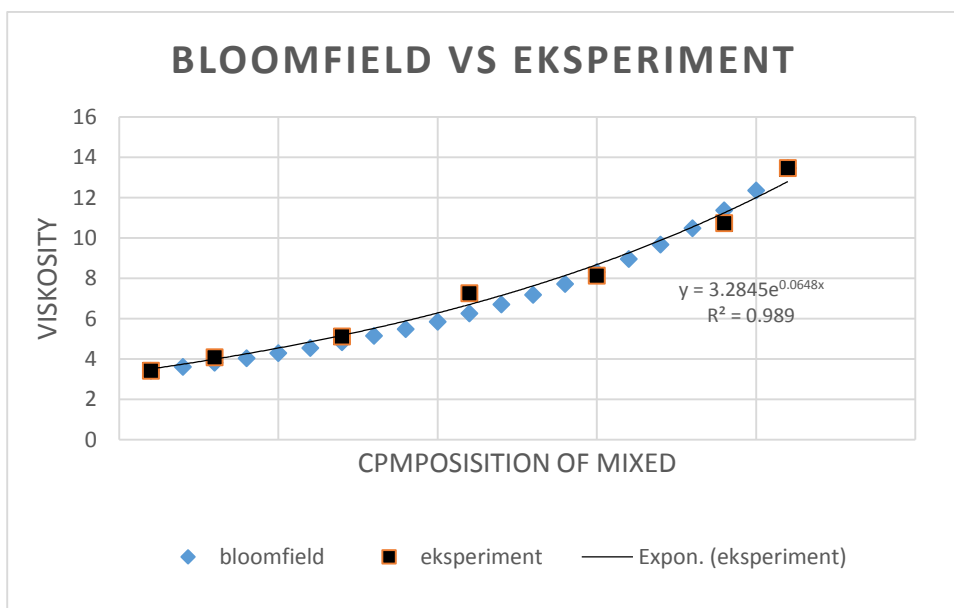
campuran	bloom field	gambil	eksperiment
100%	3.41	3.41	3.41
95%-5%	3.6	3.72	
90%-10%	3.81	4.05	4.08
85%-15%	4.03	4.4	
80%-20%	4.28	4.77	
75%-25%	4.54	5.15	
70%-30%	4.82	5.56	5.11
65%-35%	5.14	5.98	
60%-40%	5.47	6.43	
55%-45%	5.84	6.89	
50%-50%	6.25	7.38	7.25
45%-55%	6.69	7.89	
40%-60%	7.18	8.41	
35%-65%	7.71	8.96	
30%-70%	8.3	9.54	8.12
25%-75%	8.95	10.13	
20%-80%	9.67	10.75	
15%-85%	10.47	11.39	
10%-90%	11.36	12.06	10.73
5%-95%	12.35	12.75	
100%	13.46	13.46	13.46

Dari penggunaan method gambil di dapatkan bahwa penggunaan method ini terhadap hasil eksperiment mempunyai nilai error sebesar 6%, sedangkan untuk metode Bloomfield sendiri nilai error yang didapatkan lebih kecil yaitu sebesar 1.1 %.

Berikut grafik nilai viskositas method gambil dan bloomfield terhadap hasil eksperiment



Gambar 4.4 Grafik viskositas Gambil terhadap eksperimen



Gambar 4.5 Grafik viskositas Bloomfield terhadap eksperimen

4.3 Uji Karakteristik Biodiesel

Tahap ini merupakan tahapan dimana karakteristik bahan bakar akan diujikan pada laboratorium sehingga jelas berapa besaran properties yang terkandung dalam tiap bahan bakar. Ini penting untuk mengetahui apakah biodiesel yang dibuat masuk standar SNI, ada beberapa parameter dalam pengujian SNI namun dalam pengujian sample biodiesel ini hanya 4 parameter saja yang diujikan. Pengujian dilakukan di Lab energy LPPM ITS. 4 parameter yang akan diujikan antara lain :

1. Densitas

Massa jenis atau rapat massa adalah perbandingan antara massa per satuan volumenya. Rapat jenis dipengaruhi oleh temperature, yang mana semakin tinggi temperature maka rapat massanya akan menurun begitu pula sebaliknya. Selain oleh temperature rapat massa terpengaruh juga oleh tekanan yang mana, semakin tinggi tekanan maka rapat massanya akan semakin tinggi pula begitu juga sebaliknya. Untuk nilai densitas yang diujikan terhadap biodiesel kelapa dan biji kapuk masing - masing bernilai $0,87 \text{ gr/cm}^3$ dan $0,8893 \text{ gr/cm}^3$.

2. Viskositas

Viskositas ialah ukuran kekentalan yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida. Viskositas bahan bakar sangat lah berpengaruh pada kinerja mesin terutama dalam saat penginjeksian bahan bakar. Dimana jika viskositas terlalu tinggi akan membererikan atomisasi yagn rendah sehingga mesin akan sulit di *start*. Apabila viskositas terlalu rendah akan berdampak pada kebocoran pada pompa bahan bakarnya dan mepercepat keausan pada komponen pompa dan injector bahan bakar. Untuk nilai viskositas yang diujikan terhadap biodiesel kelapa dan biji kapuk masing - masing bernilai 3.41 cSt dan 13.46 cSt pada suhu 40°C .

3. Flash Point (Titik Nyala)

Flash point adalah temperature pada keadaan diamana uap di atas permukaan bahan bakar akan terbakar dengan cepat (meledak). *Flash point* menunjukkan kemudahan bahan bakar untuk terbakar dimana semakin tinggi nilai flash point maka semakin sulit bhaan bakar untuk terbakar. SNI sendiri memiliki standar batas minimal bagi biodiesel yaitu pada temperature 100°C . Untuk nilai *Flash Point* yang diujikan terhadap biodiesel kelapa dan biji kapuk masing - masing bernilai 124°C dan 112°C .

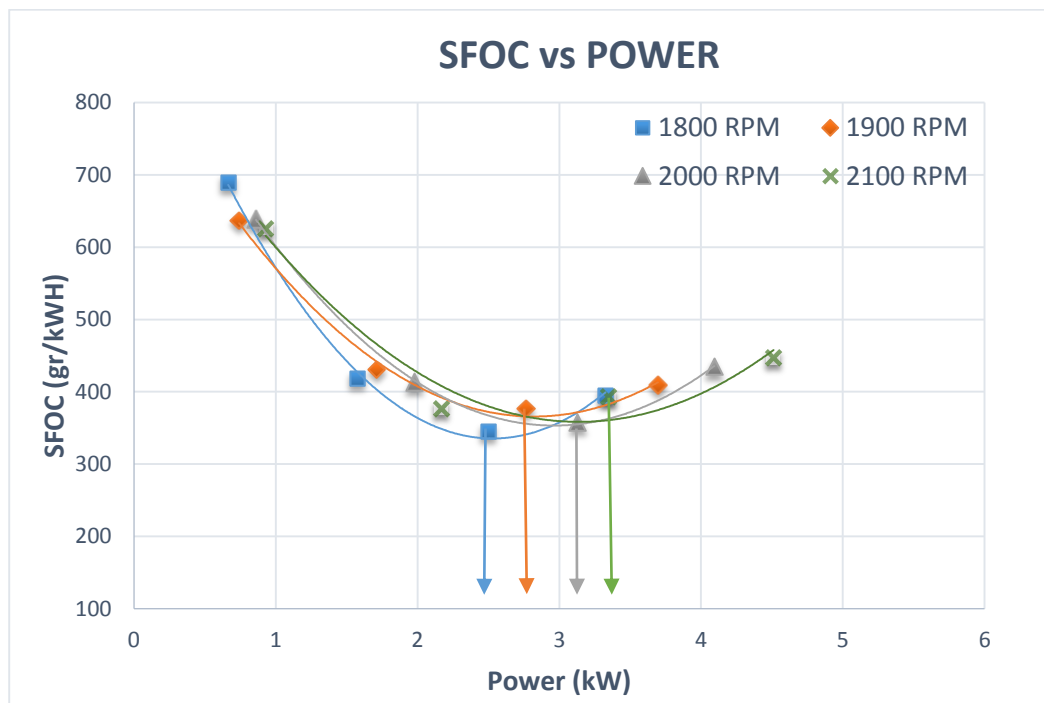
4. Lower Heating Value/LHV (Nilai Kalor / Panas)

Nilai Kalor (nilai pembakaran) atau biasa disebut *Heating Value* adalah jumlah panas yang dikeluarkan oleh bahan bakar dalam 1 kg bahan bakar apabila bahan bakar tersebut terbakar. Pada gas hasil pembakaran terdapat H_2O dalam bentuk uap atau cairan. Terdapat dua macam nilai pembakaran yaitu nilai pembakaran atas atau *High Heating Value (HHV)* dan nilai pembakaran bawah atau *Lower Heating Value (LHV)*. HHV merupakan nilai pembakran apabila didalam gas hasil pembakaran terdapat H_2O

berbentuk cairan, sedangkan LHV merupakan nilai pembakaran apabila didalam gas hasil pembakaran terdapat H_2O berbentuk gas. Untuk nilai LHV yang diujikan terhadap biodiesel kelapa dan biji kapuk masing - masing bernilai 18.261 BTU/lb dan 18.175 BTU/lb..

4.4 Performa Motor Diesel Dengan Bahan Bakar B30 dari Biodiesel Kelapa, Biji Kapuk dan Campuran dari Biji Kapuk Kelapa

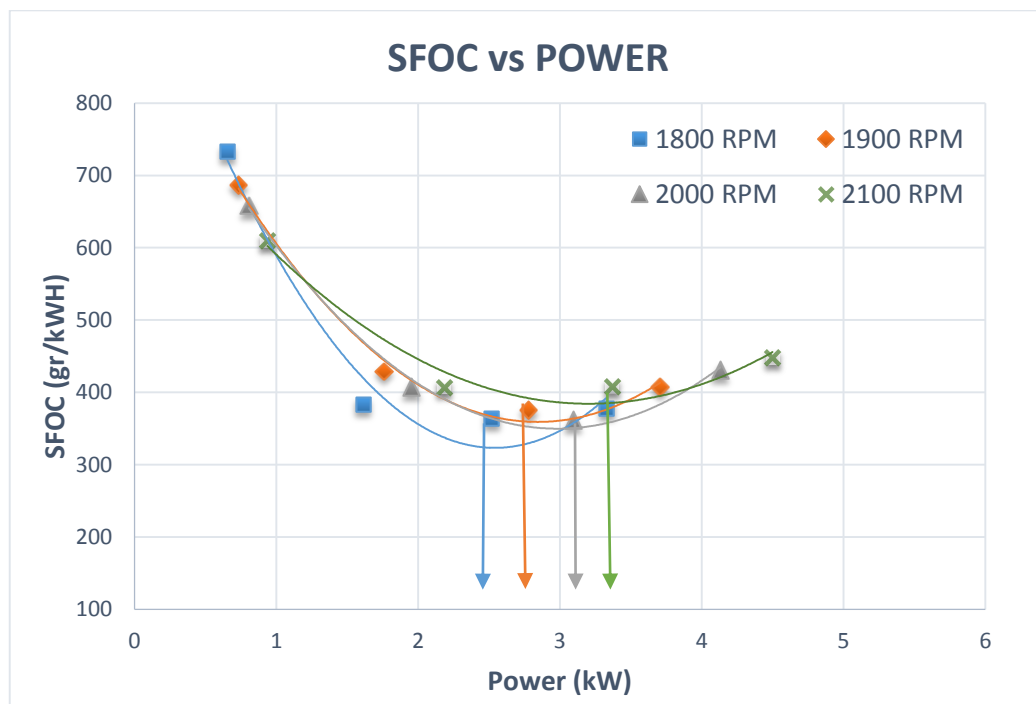
Data yang akan di analisa dalam uji performa ini meliputi grafik perbandingan daya, torsi, dan BMEP. Pengambilan data sendiri diperoleh dari hasil experiment performa dari motor diesel dengan variasi bahan bakar yang telah disiapkan terlebih dahulu. Grafik perbandingan daya, torsi serta BMEP dibuat setelah menentukan titik lembah dalam grafik SFOC pada masing masing nilai RPM dimana dimaksudkan untuk mengetahui terlebih dahulu nilai *power* motor diesel pada 100%. RPM sendiri di ditentukan pada nilai 1800, 1900, 2000, dan 2100.



Gambar 4.6 Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B0 atau dexlite murni

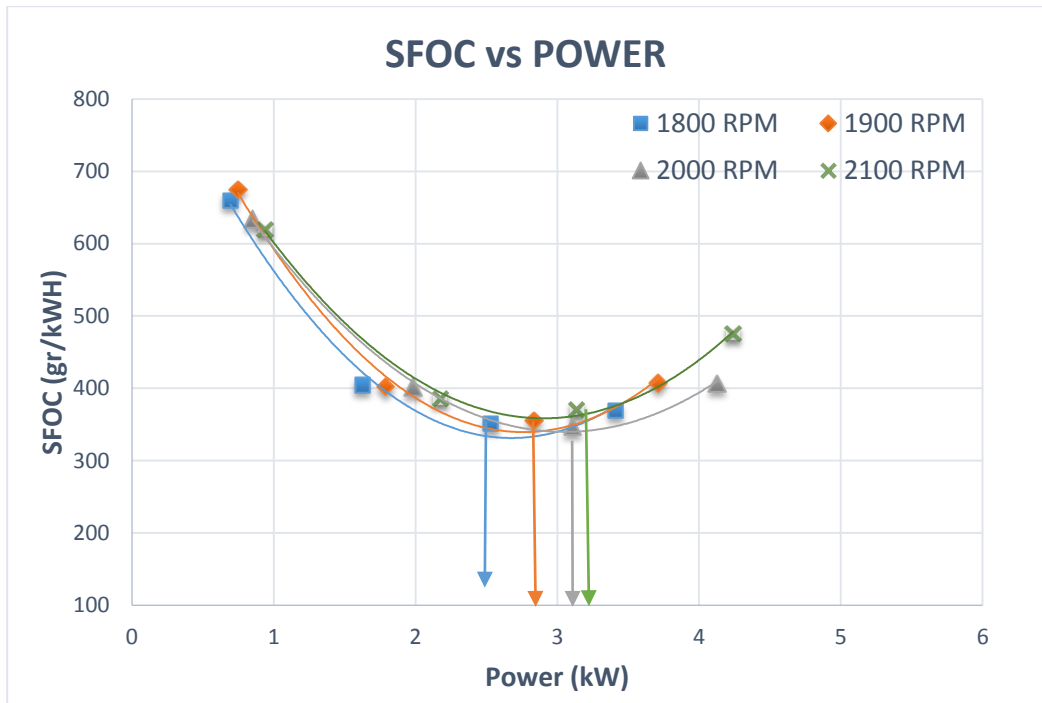
Pada Gambar 4.6 ialah grafik SFOC terhadap daya pada bahan bakar dexlite murni atau B0 sebagai acuan awal. Untuk hasilnya seperti yang terlihat pada grafik tersebut, titik SFOC terendah terjadi pada RPM 1800 sebesar 345,97 gr/kWh. Sementara untuk nilai SFOC pada masing masing RPM yaitu pada RPM 1800 memiliki SFOC 345,97 gr/kWh, RPM 1900 memiliki SFOC 377,31 gr/kWh, RPM 2000 memiliki

SFOC 357,88 gr/kWh, dan RPM 2100 memiliki SFOC 392,84 gr/kWh. Titik SFOC terendah dari titik lembah lengkungan masing – masing SFOC digunakan untuk menentukan 100% power.



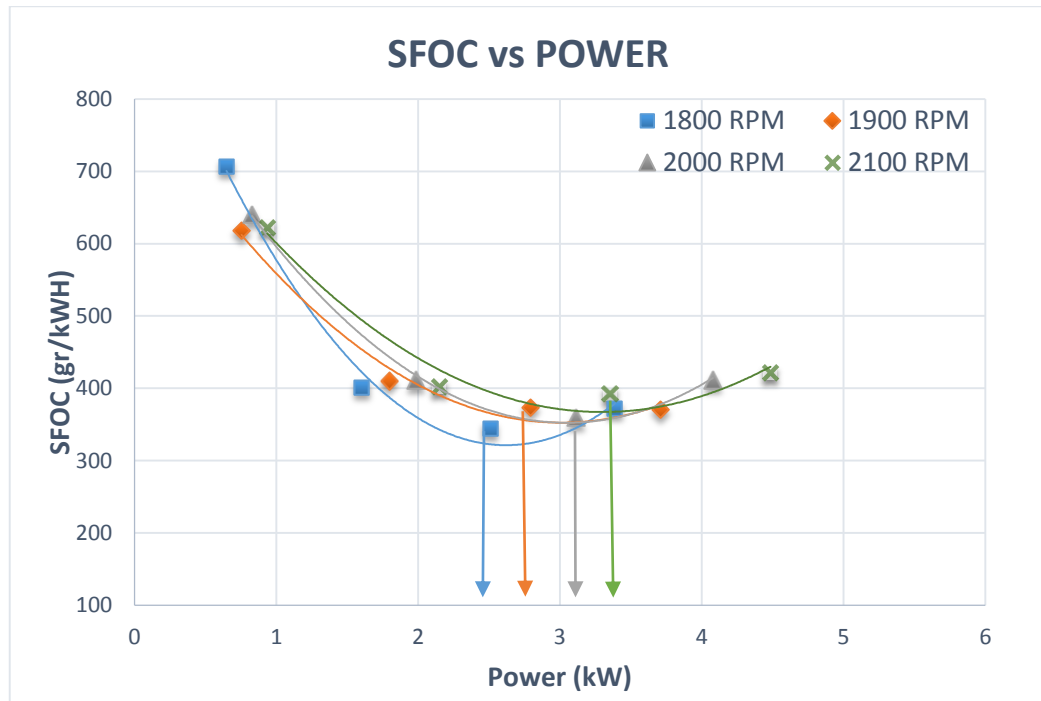
Gambar 4.7 Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B30 kelapa

Pada Gambar 4.7. ialah grafik SFOC terhadap daya pada bahan bakar B30 dari kelapa. Untuk hasilnya seperti yang terlihat pada grafik tersebut, titik SFOC terendah terjadi pada RPM 2000 sebesar 361,87 gr/kWh. Sementara untuk nilai SFOC pada masing masing RPM yaitu pada RPM 1800 memiliki SFOC 363,84 gr/kWh, RPM 1900 memiliki SFOC 375,31 gr/kWh, RPM 2000 memiliki SFOC 361,87 gr/kWh, dan RPM 2100 memiliki SFOC 407,96 gr/kWh. Titik SFOC terendah dari titik lembah lengkungan masing – masing SFOC digunakan untuk menentukan 100% power.



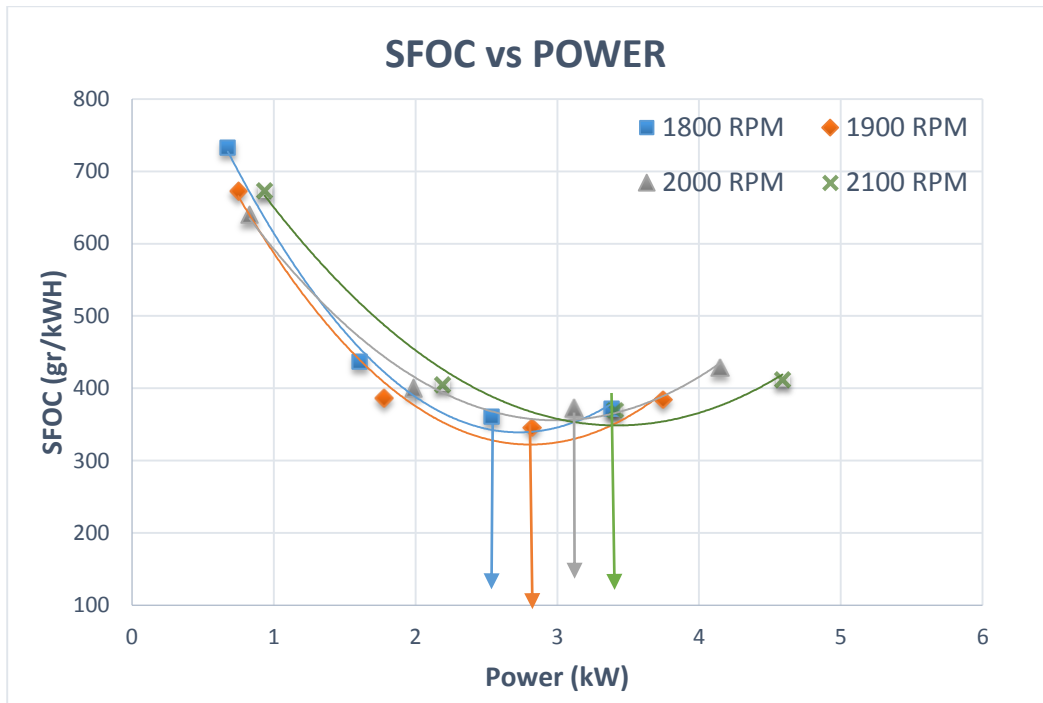
Gambar 4.8 Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B30 kapuk

Pada Gambar 4.8 ialah grafik SFOC terhadap daya pada bahan bakar B30 dari kapuk. Untuk hasilnya seperti yang terlihat pada grafik tersebut, titik SFOC terendah terjadi pada RPM 2000 sebesar 347,46 gr/kWh. Sementara untuk nilai SFOC pada masing masing RPM yaitu pada RPM 1800 memiliki SFOC 351,24 gr/kWh, RPM 1900 memiliki SFOC 355,46 gr/kWh, RPM 2000 memiliki SFOC 347,46 gr/kWh, dan RPM 2100 memiliki SFOC 370,68 gr/kWh. Titik SFOC terendah dari titik lembah lengkungan masing – masing SFOC digunakan untuk menentukan 100% power.



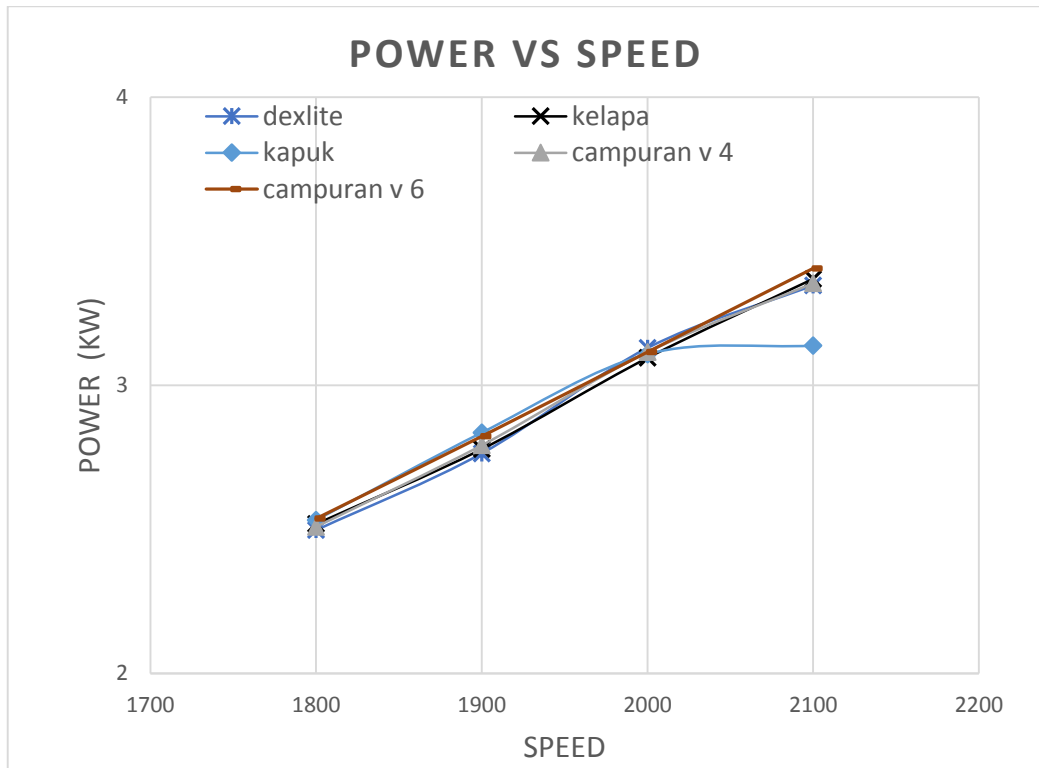
Gambar 4.9 Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B30 campuran kelapa dan kapuk pada viskositas campuran 4 cst (sebelum dicampur dextrite)

Pada Gambar 4.9 ialah grafik SFOC terhadap daya pada bahan bakar B30 dari campuran kelapa dan kapuk pada viskositas campuran 4 cSt (sebelum dicampur dextrite). Untuk hasilnya seperti yang terlihat pada grafik tersebut, titik SFOC terendah terjadi pada RPM 1800 sebesar 344,37 gr/kWh. Sementara untuk nilai SFOC pada masing masing RPM yaitu pada RPM 1800 memiliki SFOC 344,37 gr/kWh, RPM 1900 memiliki SFOC 373,51 gr/kWh, RPM 2000 memiliki SFOC 359,56 gr/kWh, dan RPM 2100 memiliki SFOC 392 gr/kWh. Titik SFOC terendah dari titik lembah lengkungan masing – masing SFOC digunakan untuk menentukan 100% power.



Gambar 4.10. Grafik performasi SFOC dengan daya pada bahan bakar B30 campuran kelapa dan kapuk pada viskositas campuran 6 cst (sebelum dicampur dexlite)

Pada gambar 4.10 ialah grafik SFOC terhadap daya pada bahan bakar B30 dari campuran kelapa dan kapuk pada viskositas campuran 6 cSt (sebelum dicampur dexlite). Untuk hasilnya seperti yang terlihat pada grafik tersebut, titik SFOC terendah terjadi pada RPM 1900 sebesar 345,56 gr/kWh. Sementara untuk nilai SFOC pada masing masing RPM yaitu pada RPM 1800 memiliki SFOC 361,15 gr/kWh, RPM 1900 memiliki SFOC 345,56 gr/kWh, RPM 2000 memiliki SFOC 373,33 gr/kWh, dan RPM 2100 memiliki SFOC 369,96 gr/kWh. Titik SFOC terendah dari titik lembah lengkungan masing – masing SFOC digunakan untuk menentukan 100% power.



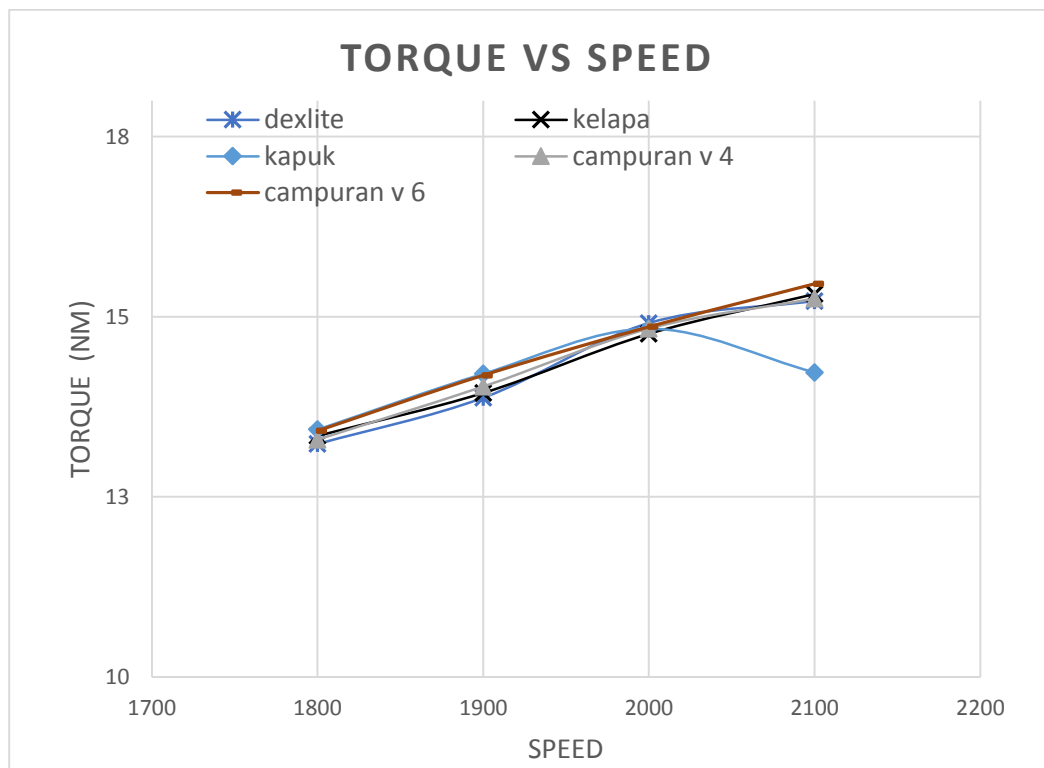
Gambar 4.11 Grafik performasi power vs speed pada variasi campuran kandungan biodiesel

Pada Gambar 4.11 adalah grafik performasi perbandingan power terhadap RPM pada variabel campuran bahan bakar B0 dan B30 dengan variasi campuran seperti pada grafik SFOC sebelumnya. Grafik diatas merupakan nilai dari 100% power yang didapat dari grafik SFOC sebelumnya pada masing – masing variabel campuran bahan bakar. Hasil yang bisa diperoleh dari grafik tersebut ialah baik B0 atau pun B30 berbagai macam variasi bahan bakar memiliki nilai yang berhimpit satu sama lain, menghasilkan daya yang hampir serupa pada tiap RPMnya.

Untuk RPM awal yaitu 1800 RPM hampir setiap variabel campuran B30 baik campuran kelapa dan B30 campuran kapuk serta biodiesel campuran B30 campuran dari kelapa dan kapuk baik viskositas 4 maupun 6 memiliki nilai daya yang lebih tinggi dari B0 atau dextrite yaitu masing - masing sebesar 0.85 % atau sebesar 0.0213 kW untuk B30 kelapa, 1,38 % atau 0.0349 kW untuk B30 kapuk, 0,46 % atau 0.0116 kW untuk B30 campuran kelapa dan kapuk dengan nilai viskositas 4 cSt (campuran kelapa dan kapuk sebelum dicampur dextrite), dan 1,6 % atau 0.04 kW untuk B30 campuran kelapa dan kapuk dengan nilai viskositas 6 cSt (campuran kelapa dan kapuk sebelum dicampur dextrite). Pada RPM 1900 pun nilai daya masih lebih besar pada variasi campuran dibandingkan dengan dextrite murni atau B0 yaitu berkisar 0.53 % - 1% atau

senilai dengan 0.0147 kW – 0.0281 kW. Namun saat RPM mencapai 2000 dan 2100 perbedaan mulai terjadi, untuk RPM 2000 nilai dari dextrite murni atau B0 masih dibawah dari pada nilai B30 kecuali untuk B30 kelapa, dimana selisih B30 kelapa dan B0 sebesar 0.0063 kW atau 0.2% lebih kecil dibandingkan B0 dan paling jauh yaitu B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 6 dimana bernilai 0.0141 kW atau 0.45%. terakhir pada RPM 2100 nilai dextrite lebih baik dari pada nilai B30 kapuk dan juga nilai B30 campuran kelapa dan kapuk pada viskositas 6, dimana nilai B30 kelapa memiliki daya terbaik dengan selisih dari dextrite yaitu 0.0225 kW atau 0.67 % sedangkan yang terburuk ialah B30 kapuk dengan selisih dibawah dextrite sebesar 0.2091 kW atau 6 %.

Dari pengamatan grafik secara keseluruhan, dapat disimpulkan penambahan biodiesel baik yang murni atau yang telah dicampur dapat meningkatkan *power* motor diesel namun untuk rpm tertentu memberikan sedikit dampak penurunan power seperti pada RPM 2100. Dan juga dengan viskositas yang semakin tinggi maka dampak power yang dihasilkan cenderung menurun



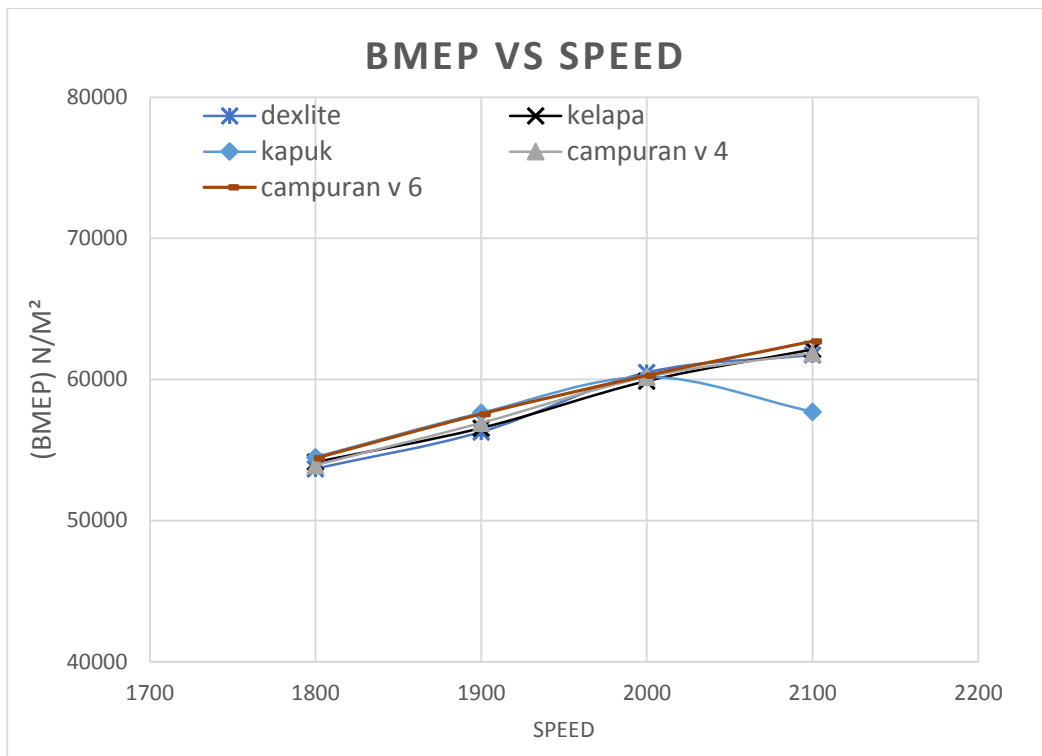
Gambar 4.12. Grafik performasi Torsi vs Speed pada variasi campuran kandungan biodiesel

Gambar 4.12 adalah grafik performasi perbandingan torsi terhadap RPM pada variabel campuran bahan bakar B0 dan B30 dengan variasi campuran seperti pada

grafik SFOC sebelumnya. Grafik diatas merupakan nilai dari 100% power yang didapat dari grafik SFOC sebelumnya pada masing – masing variabel campuran bahan bakar. Hasil yang bisa diperoleh dari grafik tersebut ialah baik B0 atau pun B30 berbagai macam variasi bahan bakar memiliki nilai yang berhimpit satu sama lain, menghasilkan torsi yang hampir serupa pada tiap RPMnya.

Hasil pembacaan dan pengamatan grafik diatas, terlihat semua bahan bakar variasi campuran saling berhimpit dengan dextrite sebab menghasilkan nilai torsi yang hampir serupa, terutama pada RPM 2000 yang terlihat paling berhimpit dibandingkan pada RPM yang lain. Pada RPM 1800 dan 1900 semua jenis variasi B30 memiliki nilai torsi yang lebih besar dibandingkan dextrite atau B0 yaitu untuk RPM 1800 selisih terkecil yaitu dengan B30 campuran kelapa kapuk dengan viskositas 4 (sebelum dicampur dextrite) dengan nilai selisih 0.0514 Nm atau 0.388 % dari B0, sedangkan yang tertinggi selisihnya dengan B30 kapuk dengan nilai 0.1998 Nm atau 1,5 % dari B0. Untuk RPM 1900 selisih terkecil yaitu dengan B30 kelapa dengan nilai selisih 0.067 Nm atau 0.483 % dari B0, sedangkan yang tertinggi selisihnya dengan B30 kapuk dengan nilai 0.332 Nm atau 2.4 % dari B0. Namun saat torsi pada RPM 2000 dan 2100 cenderung mulai ada penurunan yaitu dialami oleh B30 kelapa, seperti pada RPM 2000 selisih terkecil yaitu dengan B30 kelapa dengan nilai selisih 0.0154 Nm atau 0.1 % lebih kecil dari B0, sedangkan yang tertinggi selisihnya dengan B30 campuran kelapa dan kapuk viskositas 6 (sebelum dicampur dextrite) dengan nilai 0.0816 Nm atau 0.55 % lebih besar dari B0. Begitu pula dengan RPM 2100 cenderung turun namun untuk B30 kelapa dan B30 campuran kelapa dan kapuk viskositas 6 memiliki nilai torsi yang meningkat dengan nilai terbesar pada campuran viskositas 6 sebesar 0.238 Nm atau 1.6 % lebih besar dari B0, sedangkan terkecil yaitu B30 kelapa dengan selisih sebesar 0.9918 Nm atau 6.5 %.

Dari pengamatan grafik secara keseluruhan bisa disimpulkan bahwa pemberian B30 campuran baik yang murni atau biodiesel campuran secara keseluruhan cenderung menaikkan nilai torsi, namun saat RPM dan beban maksimum nilai cenderung turun sedikit. Juga nilai viskositas yang semakin tinggi dan diikuti beban dan RPM semakin besar membuat nilai torsi semakin kecil.



Gambar 4.13 Grafik performasi BMEP vs speed pada variasi campuran kandungan biodiesel

Gambar 4.13 adalah grafik performasi perbandingan BMEP terhadap RPM pada variabel campuran bahan bakar B0 dan B30 dengan variasi campuran seperti pada grafik SFOC sebelumnya. Grafik diatas merupakan nilai dari 100% power yang didapat dari grafik SFOC sebelumnya pada masing – masing variabel campuran bahan bakar. Hasil yang bisa diperoleh dari grafik tersebut ialah baik B0 atau pun B30 berbagai macam variasi bahan bakar memiliki nilai yang berhimpit satu sama lain, menghasilkan BMEPyang hampir serupa pada tiap RPMnya.

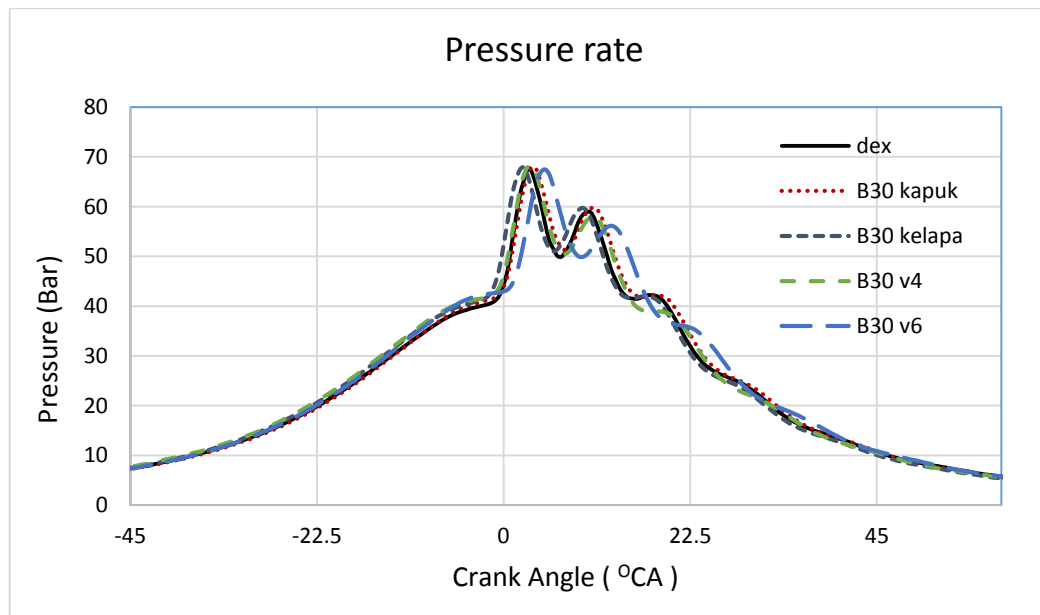
Hasil pembacaan dan pengamatan grafik diatas, terlihat semua bahan bakar variasi campuran saling berhimpit dengan dexlite sebab menghasilkan nilai torsi yang hampir serupa, terutama pada RPM 2000 yang terlihat paling berhimpit dibandingkan pada RPM yang lain. Sama seperti grafik daya maupun torsi, nilai BMEP B30 semua variasi cenderung lebih besar dibandingkan B0, seperti pada RPM 1800 dimana selisih terkecil yaitu B30 kelapa sebesar 249 N/m² lebih besar dari B0 dan tertinggi yaitu pada kapuk 811 N/m² lebih besar dari B0. Untuk RPM 1900 dimana selisih terkecil yaitu B30 kelapa sebesar 271 N/m² lebih besar dari B0 dan tertinggi yaitu pada kapuk 1347 N/m² lebih besar dari B0. Namun saat RPM 2000 dan 2100 mulai terjadi perubahan

sama seperti pada Daya dan torsi, pada RPM 2000 semua nilai BMEP B30 masih cenderung naik namun untuk B30 kelapa terjadi penurunan dimana selisih terkecil pada B30 kelapa sebesar 62 N/m^2 lebih kecil dari B0 dan terbesar pada B30 campuran viskositas 6 sebesar 332 N/m^2 lebih besar dari B0. Serta RPM 2100 memiliki nilai yang cenderung berbeda dengan yang lain dimana nilai terkecil pada B30 kapuk dengan selisih 4024 N/m^2 lebih kecil dari B0 dan terbesar yaitu B30 campuran viskositas 6 sebesar 963 N/m^2 .

Dari pengamatan grafik secara keseluruhan bisa disimpulkan bahwa pemberian B30 campuran baik yang murni atau biodiesel campuran secara keseluruhan cenderung menaikkan nilai BMEP, namun saat RPM dan beban maksimum nilai cenderung turun sedikit. Juga nilai viskositas yang semakin tinggi dan diikuti beban dan RPM semakin besar membuat nilai torsi semakin kecil.

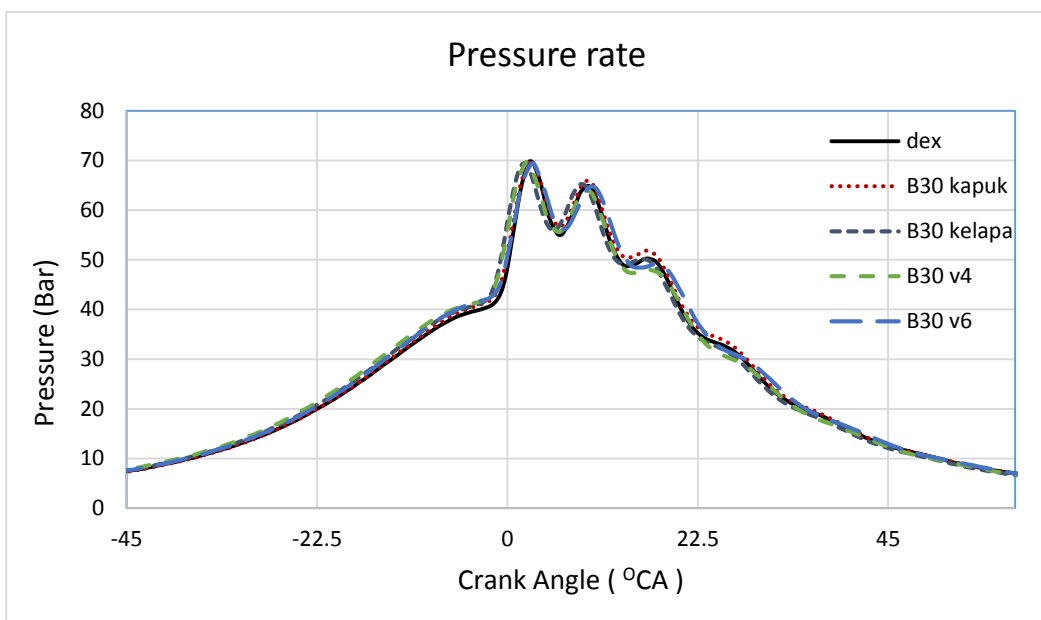
4.5 Analisa Hasil Pembakaran Motor Diesel Dengan Bahan Bakar B30 dari Biodiesel Kelapa, Biji Kapuk dan Campuran dari Biji Kapuk Kelapa

Pada proses Combustion ini akan dilakukan pada RPM 2000, dan untuk pembebannya sendiri sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100%. Penentuan RPM 2000 sendiri diambil dari percobaan sebelumnya dimana pada percobaan ini kerja optimum mesin yang bebahan bakar biodiesel campuran ini ialah pada RPM 2000. Dari hasil pembakaran yang akan dianalisis nantinya akan didapatkan grafik *combustion pressure*. Berikut hasil proses pembakaran yang telah dilakukan :



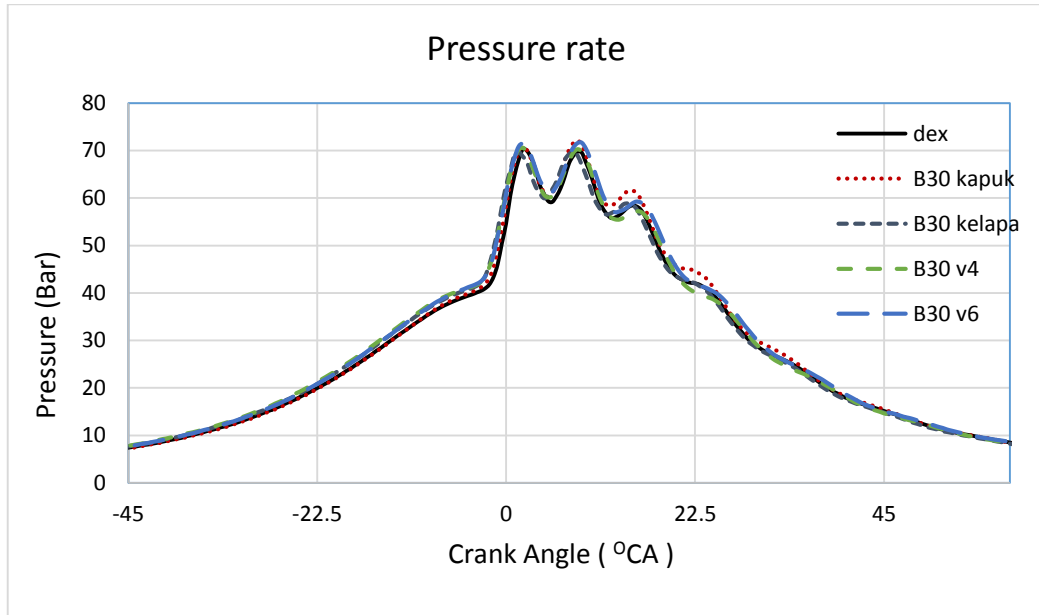
Gambar 4. 14 Grafik pressure rate pada 100 % RPM dan load 25%

Gambar 4.14 adalah grafik pembakaran dimana pada RPM 2000 dan load 25%. Bisa dilihat pada grafik *pressure rate* tersebut nilai dari tekanan tiap bahan bakar cenderung tidak berbeda jauh, namun bisa dilihat dari grafik tersebut untuk dex *peak point* berada pada 3⁰ CA setelah TMA dengan nilai pressure 67.75 bar, B30 kapuk 68.03 bar pada 3.5⁰ CA setelah TMA, B30 kelapa 67,77 bar pada 2.5⁰ CA setelah TMA, B30 campuran dengan viskositas 4 (sebelum dicampur dengan dex) 68, 34 bar pada 3.5⁰ CA setelah TMA dan terakhir B30 campuran dengan viskositas 6 (sebelum dicampur dengan dex) 67, 44 bar pada 5⁰ CA setelah TMA.



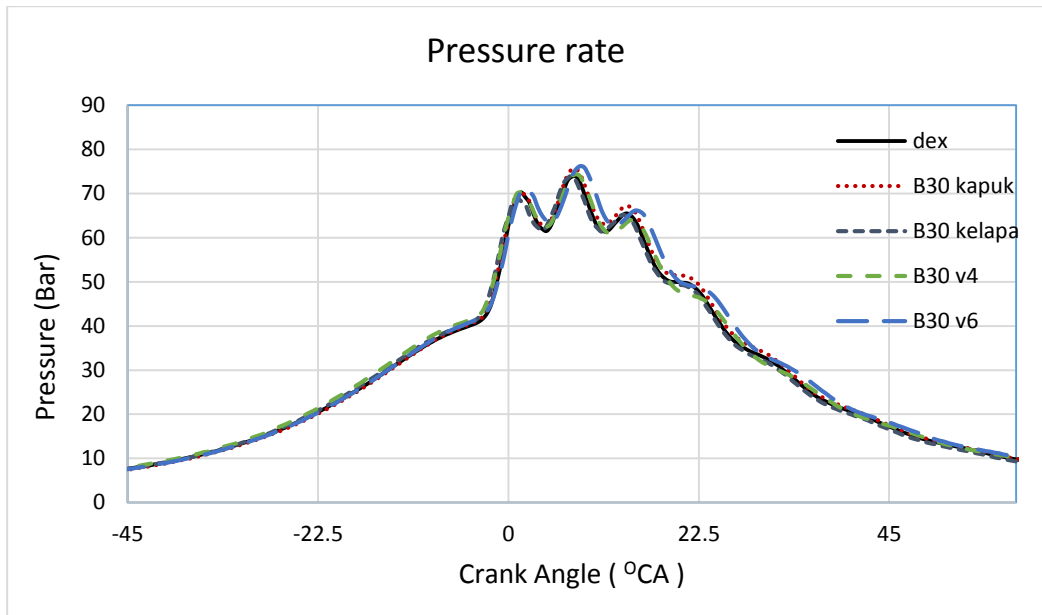
Gambar 4.15. Grafik pressure rate pada 100 % RPM dan load 50%

Gambar 4.15 adalah grafik pembakaran dimana pada RPM 2000 dan load 50%. Bisa dilihat pada grafik *pressure rate* tersebut nilai dari tekanan tiap bahan bakar cenderung tidak berbeda jauh, namun bisa dilihat dari grafik tersebut untuk dex *peak point* berada pada 2.5⁰ CA setelah TMA dengan nilai pressure 69.67 bar, B30 kapuk 69.49 bar pada 3⁰ CA setelah TMA, B30 kelapa 69,41 bar pada 2⁰ CA setelah TMA, B30 campuran dengan viskositas 4 (sebelum dicampur dengan dex) 69, 80 bar pada 2.5⁰ CA setelah TMA dan terakhir B30 campuran dengan viskositas 6 (sebelum dicampur dengan dex) 67, 46 bar pada 3⁰ CA setelah TMA.



Gambar 4.16. Grafik pressure rate pada 100 % RPM dan load 75%

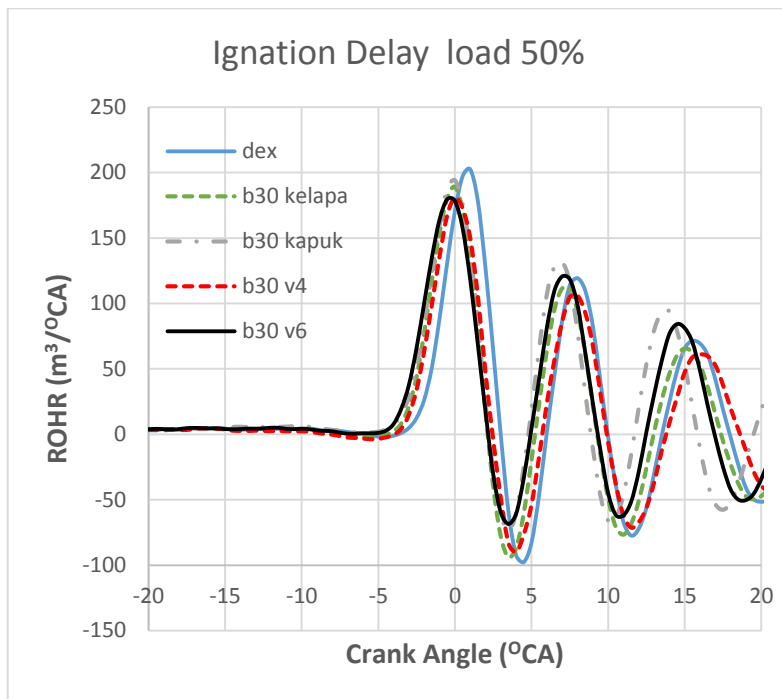
Gambar 4.16 adalah grafik pembakaran dimana pada RPM 2000 dan load 75%. Bisa dilihat pada grafik *pressure rate* tersebut nilai dari tekanan tiap bahan bakar cenderung tidak berbeda jauh, namun bisa dilihat dari grafik tersebut untuk dex *peak point* berada pada 2° CA setelah TMA dengan nilai pressure 70.34 bar, B30 kapuk 72.2 bar pada 8,5° CA setelah TMA, B30 kelapa 69,74 bar pada 8° CA setelah TMA, B30 campuran dengan viskositas 4 (sebelum dicampur dengan dex) 70,62 bar pada 2° CA setelah TMA dan terakhir B30 campuran dengan viskositas 6 (sebelum dicampur dengan dex) 71, 67 bar pada 9° CA setelah TMA.



Gambar 4.17. Grafik pressure rate pada 100 % RPM dan load 100%

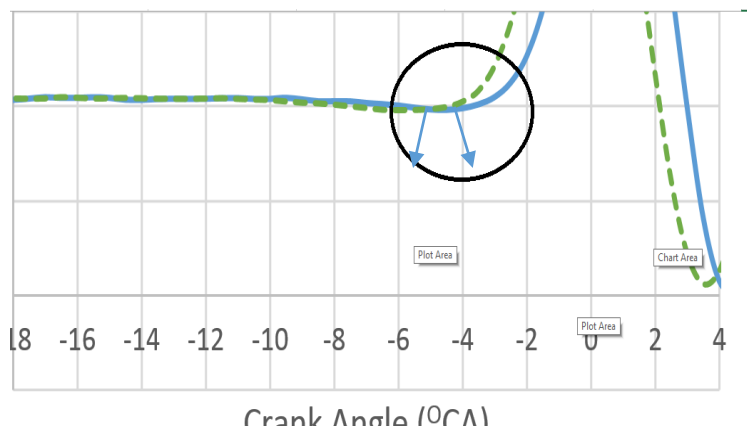
Gambar 4.17 adalah grafik pembakaran dimana pada RPM 2000 dan load 100%. Bisa dilihat pada grafik *pressure rate tersebut* nilai dari tekanan tiap bahan bakar cenderung tidak berbeda jauh, namun bisa dilihat dari grafik tersebut untuk dex *peak point* berada pada 8⁰ CA setelah TMA dengan nilai pressure 73.81 bar, B30 kapuk 75.61 bar pada 8⁰ CA setelah TMA, B30 kelapa 74,01 bar pada 7.5⁰ CA setelah TMA, B30 campuran dengan viskositas 4 (sebelum dicampur dengan dex) 74.35 bar pada 8⁰ CA setelah TMA dan terakhir B30 campuran dengan viskositas 6 (sebelum dicampur dengan dex) 76, 18 bar pada 8.5⁰ CA setelah TMA.

Ignition delay didapatkan dari grafik *combustion process*. Dari proses heat release dapat diketahui kapanakah saat bahan bakar akan mulai terbakar. Saat akan terjadi pembakaran akan terjadi evaporate sesaat sehingga akan terjadi penurunan panas. Pada grafik itu lah dimana titik *ignition delay* terjadi. Berikut contoh grafik untuk mencari *ignition delay*.

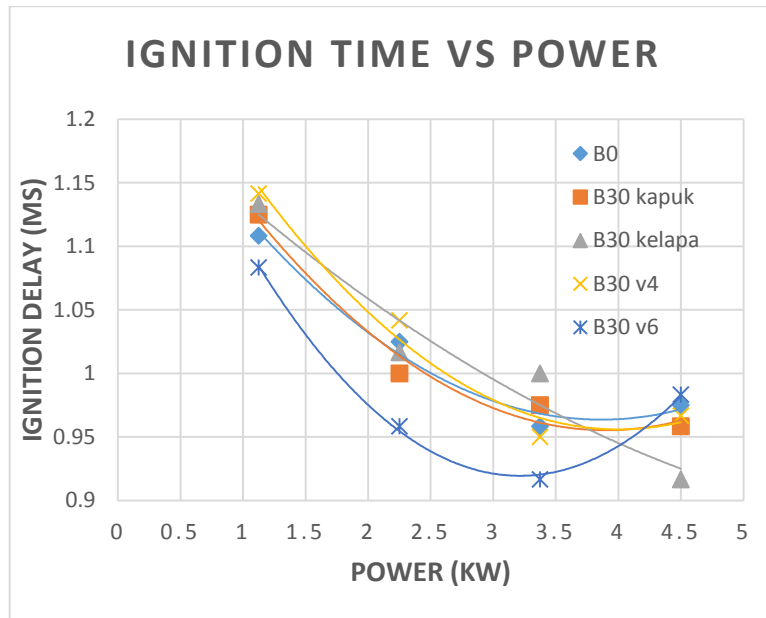


Gambar 4.18. Grafik Ignition Delay

Pada gambar 4.18 merupakan grafik Ignition delay yang di dapat dari proses pembakaran untuk setiap bahan bakar pada RPM 2000 dan load 50%, Untuk mesin yanmar TF-85 sendiri waktu penginjeksian yaitu pada posisi 18° sebelum TMA. Waktu penginjeksian sendiri dapat dilihat dari jarak waktu antara proses injection timing atau titik penginjeksian bahan bakar dengan awal bahan bakar tersebut terbakar atau awal terjadinya heat release terbakar.

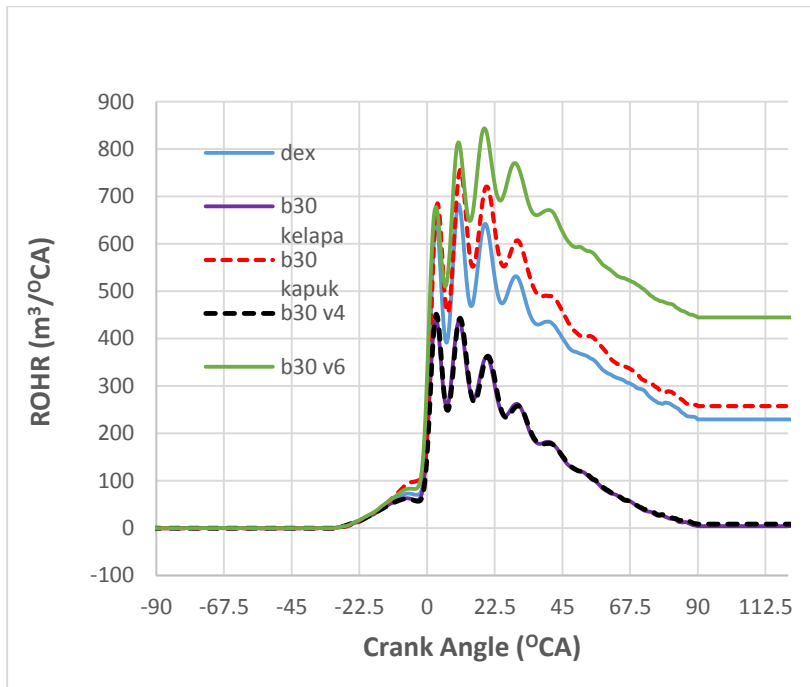


Gambar 4.19. Proses pencarian titik ignition delay (zoom)



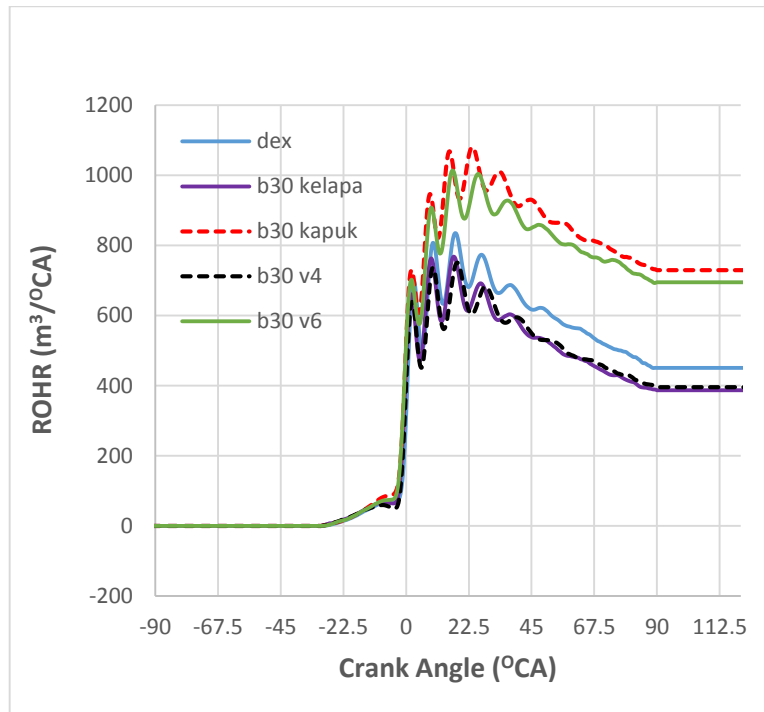
Gambar 4.20. Grafik *Ignition Delay* vs *power* pada putaran 2000 rpm

Seperti yang telah bisa dilihat pada grafik *ignition delay* sebelumnya pada gambar 4.20 ini menunjukkan detail waktu *ignition delay* yang terjadi pada setiap bahan bakar pada setiap loadnya. Secara umum B30 v6 memiliki nilai *ignition delay* tercepat yaitu pada kisaran 0.91 – 1.08 ms. Hanya saja load mencapai 100% nilainya turun dibandingkan bahan bakar lain, walaupun perbedaanya tidak signifikan. Lalu berikutnya ada B30 kapuk dengan kisaran 0.95 – 1.12 ms, berikutnya kelapa dengan rentang 0.91 – 1.13, lalu B30 v4 dengan rentang 0.95 – 1.14, dan terakhir B0 dengan rentang 0.96 – 1.12. Dari gambar 4.20 bisa diambil data bahwa untuk waktu penginjeksian penambahan biodiesel berpengaruh pada waktu peninjeksian yang semakin pendek dikarenakan bertambahnya nilai centan yang terkandung dalam bahan bakar semakin tinggi nilai centanyanya semakin cepat pula waktu penginjeksiannya. Selain itu untuk setiap kenaikan beban akan berpengaruh pula pada waktu penginjeksian yang semakin pendek.



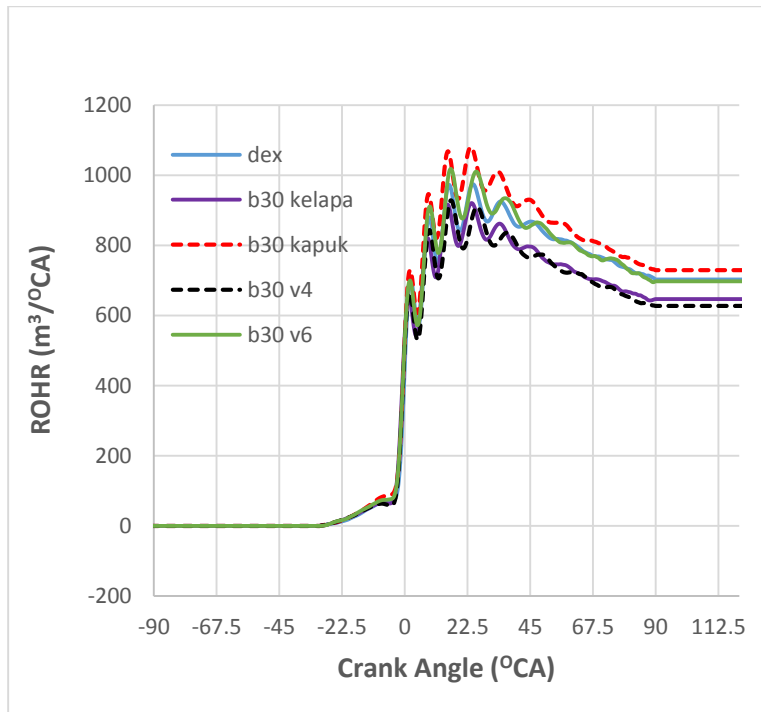
Gambar 4.21. Grafik *Rate of Heat Release* pada rpm 2000 dan beban 25 %

Gambar 4.21 merupakan *grafik rate of heat release* variasi bahan bakar pada rpm 2000 dengan 25% load. Grafik di dapat dari proses pembakaran pada mesin yanmar TF-85 sendiri waktu penginjeksian yaitu pada posisi 18° sebelum TMA. Untuk nilainya sendiri dex sendiri berada pada 10.5° setelah TMA dengan nilai 683 KJ/m³/deg, kemudian B30 kapuk pada 11° setelah TMA dengan nilai 755 KJ/m³/deg, berikutnya B30 kelapa pada 3° setelah TMA dengan nilai 442 KJ/m³/deg, lalu B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 4 pada 3.3° setelah TMA dengan nilai 451 KJ/m³/deg, terakhir B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 6 pada 19° setelah TMA dengan nilai 843 KJ/m³/deg. Pada RPM 2000, dengan load 25% perbandingan diantara 5 bahan bakar yang paling tinggi produksi panasnya ialah bahan bakar campuran dengan viskositas 6 kemudian kapuk, lalu dex, campuran viskositas 4 lalu terakhir kelapa.



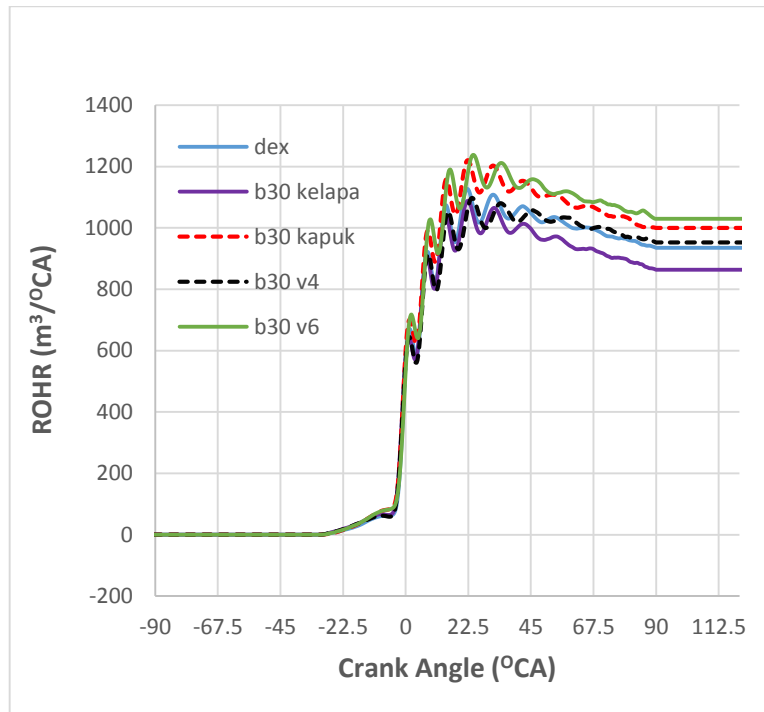
Gambar 4.22. Grafik *Rate of Heat Release* pada rpm 2000 dan beban 50 %

Gambar 4.22 merupakan *grafik rate of heat release* variasi bahan bakar pada rpm 2000 dengan 50% load. Grafik di dapat dari proses pembakaran pada mesin yanmar TF-85 sendiri waktu penginjeksian yaitu pada posisi 18° sebelum TMA. Untuk hasilnya dex berada pada 17.5° setelah TMA dengan nilai 834 KJ/m³/deg, kemudian B30 kapuk pada 24° setelah TMA dengan nilai 1079 KJ/m³/deg, berikutnya B30 kelapa pada 17° setelah TMA dengan nilai 767KJ/m³/deg, lalu B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskosistas 4 pada 18° setelah TMA dengan nilai 750 KJ/m³/deg, terakhir B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskosistas 6 pada 16° setelah TMA dengan nilai 1012 KJ/m³/deg. Bisa dilihat perbedaan dari load 25 dan 50 % semakin besar beban maka semakin tinggi heat release yang terjadi dimana pergeseran peak point semakin jauh atau menuju kekanan . Untuk panas tertinggi yang dihasilkan yaitu B30 kapuk, v6,dex, B30 kelapa dan terkecil B30 v4.



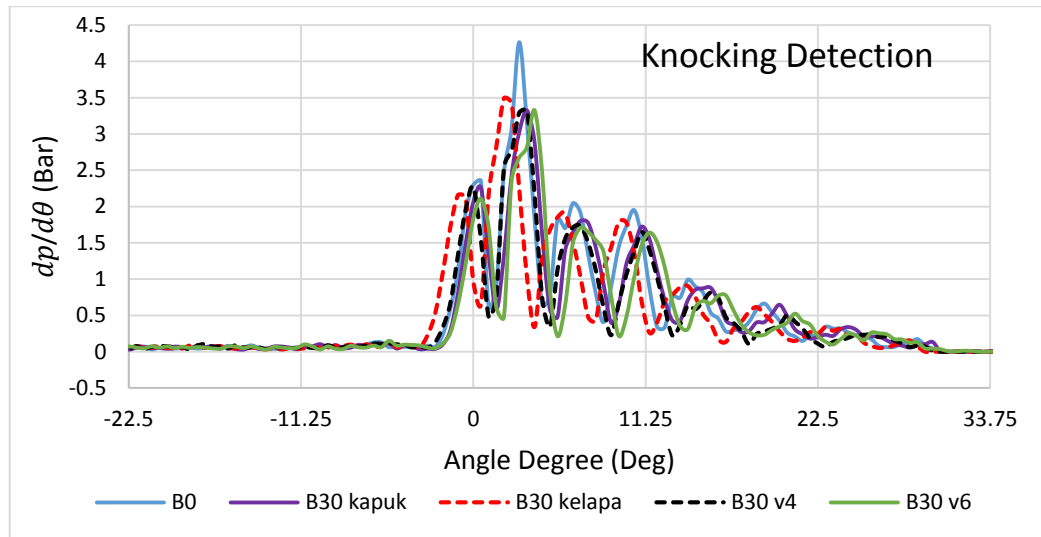
Gambar 4.23. Grafik *Rate of Heat Release* pada rpm 2000 dan beban 75 %

Gambar 4.23 merupakan grafik *rate of heat release* variasi bahan bakar pada rpm 2000 dengan 75% load. Grafik di dapat dari proses pembakaran pada mesin yanmar TF-85 sendiri waktu penginjeksian yaitu pada posisi 18° sebelum TMA. Untuk hasilnya dex berada pada 24.5° setelah TMA dengan nilai 974 KJ/m³/deg, kemudian B30 kapuk pada 24° setelah TMA dengan nilai 1079 KJ/m³/deg, berikutnya B30 kelapa pada 22° setelah TMA dengan nilai 920 KJ/m³/deg, lalu B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 4 pada 16.5° setelah TMA dengan nilai 928 KJ/m³/deg, terakhir B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 6 pada 17.2° setelah TMA dengan nilai 1018 KJ/m³/deg.



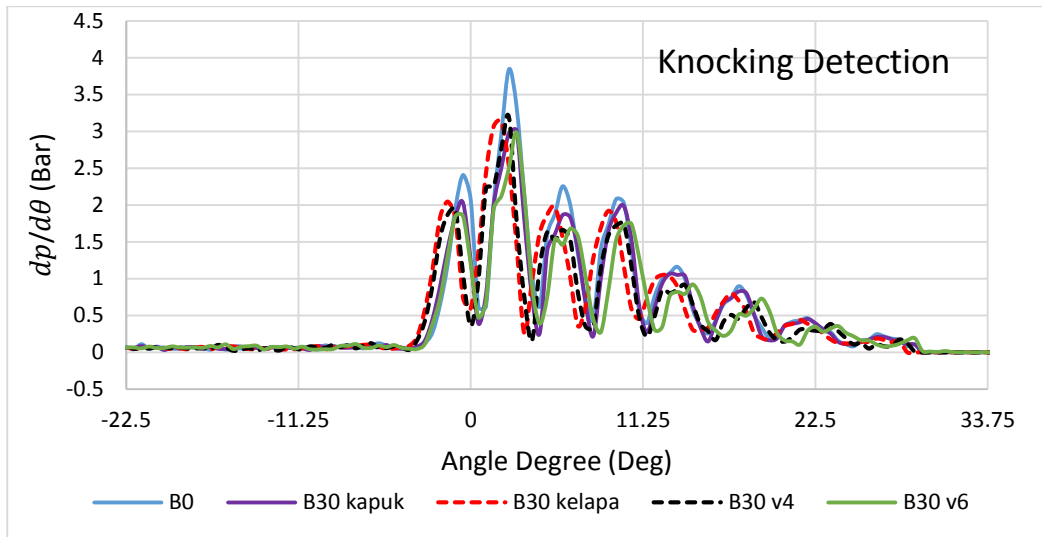
Gambar 4.24. Grafik *Rate of Heat Release* pada rpm 2000 dan beban 100 %

Gambar 4.24 merupakan grafik *rate of heat release* variasi bahan bakar pada rpm 2000 dengan 100% load. Grafik di dapat dari proses pembakaran pada mesin yanmar TF-85 sendiri waktu penginjeksian yaitu pada posisi 18° sebelum TMA. Untuk hasilnya dex berada pada 22° setelah TMA dengan nilai 1127 KJ/m³/deg, kemudian B30 kapuk pada 22.5° setelah TMA dengan nilai 1219 KJ/m³/deg, berikutnya B30 kelapa pada 22.3° setelah TMA dengan nilai 1087KJ/m³/deg, lalu B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 4 pada 24° setelah TMA dengan nilai 1097 KJ/m³/deg, terakhir B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 6 pada 24.5° setelah TMA dengan nilai 1237 KJ/m³/deg. Dari semua grafik *heat release* yang telah dibuat maka dapat dilihat semakin besar beban akan semakin meningkat pula nilai dari panas yang dihasilkan kemudian, untuk bahan bakar yang mempunyai heat release tertinggi secara umum ialah B30 v6, B30 kapuk, B30 v4, B30 kelapa, terakhir B0. Sehingga penambahan biodiesel pada bahan bakar konvensional selain mempengaruhi ignition delay yang mana semakin cepat juga meningkatkan panas yang dihasilkan oleh bahan bakar. Selain itu untuk rate of heat release sendiri bisa dilihat dari grafik SFOC yang mana semakin besar nilai SFOCnya maka akan semakin besar pula tingkat ROHRnya.



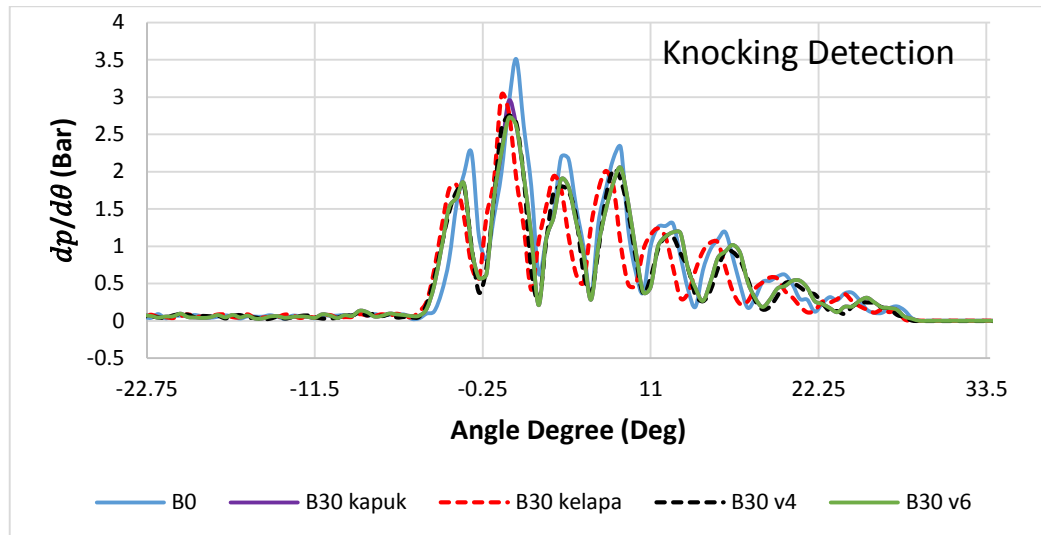
Gambar 4.25 Grafik $dp/d\theta$ pada putaran 2000 dan load 25 % untuk setiap varian bahan bakar

Gambar 4.25 adalah grafik nilai pressure gradient yang digunakan untuk menentukan adanya *knocking* atau tidak untuk variasi tiap bahan bakar pada beban 25 % dan rpm 2000. Bahan bakar yang digunakan yaitu meliputi B0 atau dextlite murni, B30 kapuk, B30 kelapa, B30 campuran kapuk dan kelapa pada viskositas 4 dan B30 campuran kapuk dan kelapa pada viskositas 6. Pada grafik diatas bisa diketahui bahwa untuk setiap bahan bakar tidak terdapat *knocking* yang terjadi sebab untuk terjadinya *knocking* umumnya pada tekanan 10 bar keatas. Walaupun tidak ditemukan *knocking* yang mengindikasikan bahwa bahan bakar yang digunakan pada percobaan ini baik jika dilihat dari segi *knocking* namun tetap perlu di perhitungkan perbandingannya tiap bahan bakar. Bisa dilihat untuk tekanan tertinggi yaitu pada B0 dengan tekanan 4.26 bar pada 3° sesudah TMA, lalu B30 kapuk 3.32 bar pada 3.5° sesudah TMA, B30 kelapa pada tekanan 3.49 bar pada 2° sesudah TMA, B30 v4 pada tekanan 3.31 bar pada 3.3° sesudah TMA, dan terakhir B30 v6 pada tekanan 3.32 bar pada 4° sesudah TMA, B30 v4. Pada load 25% sendiri untuk tekanan terbesar dimiliki oleh B0, lalu B30 kelapa, B30 v4, B30 v6 dan tekanan terkecil pada B30 kapuk.



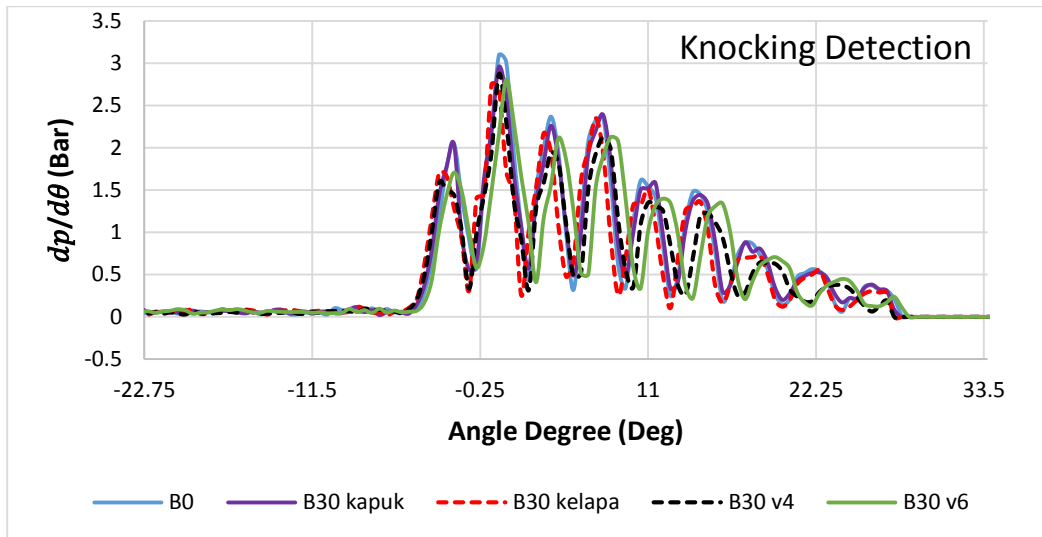
Gambar 4.26 Grafik $dp/d\theta$ pada putaran 2000 dan load 50% untuk setiap varian bahan bakar

Gambar 4.26 adalah grafik nilai pressure gradient yang digunakan untuk menentukan adanya *knocking* atau tidak untuk variasi tiap bahan bakar pada beban 50 % dan rpm 2000. Untuk nilainya sendiri yaitu pada B0 dengan tekanan 3.84 bar pada 2.5° sesudah TMA, lalu B30 kapuk 3.01 bar pada 3° sesudah TMA, B30 kelapa pada tekanan 3.14 bar pada 2° sesudah TMA, B30 v4 pada tekanan 3.19 bar pada 2.5° sesudah TMA, dan terakhir B30 v6 pada tekanan 2.98 bar pada 3° sesudah TMA, B30 v4. Pada load 50% untuk nilai tekanan terbesar ialah B0, lalu B30 v4, kemudian B30 kelapa, B30 kapuk, kemudian terakhir B30 v6. Untuk tekanan terbesar bisa dilihat pada 50% load dan 25% load sama yaitu pada B0.



Gambar 4.27 Grafik $dp/d\theta$ pada putaran 2000 dan load 75% untuk setiap varian bahan bakar

Gambar 4.27 adalah grafik nilai pressure gradient yang digunakan untuk menentukan adanya *knocking* atau tidak untuk variasi tiap bahan bakar pada beban 75 % dan rpm 2000. Untuk nilainya sendiri yaitu pada B0 dengan tekanan 3.51 bar pada 2° sesudah TMA, lalu B30 kapuk 2.94 bar pada 1.5° sesudah TMA, B30 kelapa pada tekanan 3.02 bar pada 1° sesudah TMA, B30 v4 pada tekanan 2.75 bar pada 1.5° sesudah TMA, dan terakhir B30 v6 pada tekanan 2.72 bar pada 1.3° sesudah TMA, B30 v4. Pada load 75% terjadi sedikit perbedaan walaupun untuk nilai tertinggi masih oleh B0 dan terendah masih oleh B30 v6. Untuk nilai tertinggi hingga terendah yaitu B0, lalu B30 kelapa, B30 kapuk, B30 v4 dan terakhir B30 v6.



Gambar 4.28 Grafik $dp/d\theta$ pada putaran 2000 dan load 100% untuk setiap varian bahan bakar

Gambar 4.28 adalah grafik nilai pressure gradient yang digunakan untuk menentukan adanya *knocking* atau tidak untuk variasi tiap bahan bakar pada beban 100 % dan rpm 2000. Untuk nilainya sendiri yaitu pada B0 dengan tekanan 3.01 bar pada 1° sesudah TMA, lalu B30 kapuk 2.95 bar pada 0.8° sesudah TMA, B30 kelapa pada tekanan 2.74 bar pada 0.5° sesudah TMA, B30 v4 pada tekanan 2.87 bar pada 0.7° sesudah TMA, dan terakhir B30 v6 pada tekanan 2.80 bar pada 1.5° sesudah TMA, B30 v4. Pada load 100% nilai terkecil dimiliki oleh B30 kelapa namun tetap untuk nilai terbesar masih oleh B0. Berikut nilai dari yang terbesar hingga terkecil yaitu B0, lalu B30 kapuk, B30 v4, B30 v6, dan terakhir B30 kelapa. Dari semua grafik *knocking* dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan biodiesel pada bahan bakar konvensional khususnya dextrite pada penelitian ini dapat menurunkan tekanan yang dapat mengakibatkan *knocking* selain itu kenaikan bebanpun berimbas pada penurunan tekanan yang akhirnya mengurangi potensi terjadinya *knocking*.

4.6 Pembahasan

Pada sub bab ini di bahas secara keseluruhan tentang hasil yang diperoleh setelah serangkaian percobaan dan data yang telah di ambil dan diolah, baik dari proses pembuatan dan kesimpulan pencampuran yang bisa di tarik, hasil performa serta pembakaran bahan bakar biodiesel B30 campuran.

Pada sub bab 4.2 telah dibahas tentang bagaimana campuran dan kadar yang ditentukan untuk menentukan apakah campuran tersebut layak dan masuk ke dalam setandar SNI atau tidak dengan menggunakan 2 formula pendekatan yaitu formula yang digunakan Gambil dan juga formula Bloomfield. Dengan hasil yang telah di dapat dengan perhitungan ke 2 formula dan di bandingkan dengan data hasil uji lab didapatkan bahwa formula Bloomfield lebih akurat dibandingkan dengan formula Gambil dengan nilai error 1.1 % berbanding dengan 6 %, oleh karena itu pencampuran menggunakan rumus dari bloomfield dimana viskositas yang akan diuji performasi dan pembakarannya dengan viskositas 4 cSt campuran antara kelapa dan kapuk dengan kadar campuran 85% kelapa dan 15% kapuk serta viskositas 6 cSt campuran antara kelap dan kapuk dengan kadar campuran 55% kelapa dan 45% kapuk. Nilai viskoiistas 4 dan 6 dilatarbelakangi dengan setandar SNI yang mengharuskan nilai maksimal dari biodiesel ialah berviskositas 6, kemudian untuk viskositas 4 dikarenakan mesinyanmar tf 85 sendiri di desain menggunakan bahan bakar jenis solar. Untuk solar sendiri memiliki nilai viskositas antara rentang 2 – 5 cSt maka di ambilah nilai 4 cSt.

Kemudian pada sub bab 4.3 dimana hasil uji yang telah dilakukan pada bahan bakar biodiesel hasilnya tertera pada lampiran

Pada sub bab 4.4, gambar 4.6 sampai 4.10 merupakan grafik SFOC yang diperoleh dari hasil eksperiment. Grafik menampilkan perbandingan SFOC terhadap Daya. Pembuatan grafik ini bertujuan untuk mencari titik terendah / lembah dimana lembah tersebut menandakn titik maksimum atau 100% power yang bisa dihasilkan oleh tiap RPM. Nantinya 100% power ini akan dijadikan acuan sebagai perhitungan daya, torsi, dan juga BMEP. Pada grafik 4.8 yaitu perbandingan daya 100% yang dihasilkan dari variasi bahan bakar pada setiap RPM. Hasilnya yaitu penggunaan bahan bakar bodiesel B30 baik murni atau campuran menghasilkan daya yang lebih baik dari bahan bakar konvensional yaitu dexlite, dan juga untuk bahan bakar campuran kelapa dan kapuk nilai yang lebih baik dimiliki oleh campuran yang viskositas lebih tinggi namun, walau begitu dengan kenaikan viskositas yang semakin tinggi tidak lah menaikkan performa menjadi lebih baik seperti yang bisa dilihat pada RPM 2100 kenaikan viskositas yang semakin tinggi pada B30 kapuk malah membuat performa mesin menjadi turun. Factor kenaikan performa ini bisa juga disebabkan karena kandungan nilai energy yang lebih tinggi disebabkan kadar kapuk yang lebih banyak, hal ini bisa dilihat dari nilai daya B30 kapuk yang memiliki nilai tertinggi di bandingkan bahan bakar lainnya. Begitu pula pada gambar 4.12 dan 4.13 berbanding lurus dengan hasil yang seperti pada grafik daya yaitu penambahan bahan bakar

biodiesel menaikkan nilai torsi dan juga BMEP. Perbandingan antara lebih baik campuran viskositas 4 atau 6 bisa dilihat dari tiap putaran berbanding dengan RPM, untuk Performa bahan bakar B30 campuran kelapa dan kapuk viskositas 6 lebih baik dibandingkan viskositas 4 dikarenakan menghasilkan daya, torsi dan BMEP yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan yang campuran viskositas 4. Namun untuk campuran dengan viskositas 4 lebih hemat dibandingkan dengan viskositas 6 dilihat dari nilai SFOCnya.

Gambar 4.14 sampai 4.17 merupakan grafik pressure, pada grafik tersebut sebagaimana yang telah dijabarkan nilainya terlihat tekanan berbanding naik dengan beban yang diberikan selain itu tingkatan kenaikan tekananpun cenderung berbanding lurus dengan nilai daya, torsi dan juga BMEP. Jika dilihat pada grafik performa rata bahan bakar yang memiliki nilai daya, torsi dan BMEP terbesar ialah B30 kapuk. Ini sebanding dengan nilai tekanan rata rata yang dimiliki B30 kapuk. Kurva *peak point* cenderung bergeak kearah kanan apabila terjadi penambahan beban. Kemudian untuk *ignition delay* nya sendiri dari gambar 4.20 bisa diambil data bahwa untuk waktu penginjeksian penambahan biodiesel berpengaruh pada waktu peninjeksian yang semakin pendek dikarenakan bertambahnya nilai centan yang terkandung dalam bahan bakar semakin tinggi nilai centanyanya semakin cepat pula waktu penginjeksiannya. Selain itu untuk setiap kenaikan beban akan berpengaruh pula pada waktu penginjeksian yang semakin pendek. Penambahan biodiesel pada bahan bakar konvensional selain mempengaruhi *ignition delay* yang mana semakin cepat juga meningkatkan panas yang dihasilkan oleh bahan bakar. Selain itu untuk rate of heat release sendiri bisa dilihat dari grafik SFOC yang mana semakin besar nilai SFOCnya maka akan semakin besar pula tingkat ROHRnya. Kemudian penambahan biodiesel pada bahan bakar konvensional khususnya dexlite pada penelitian ini dapat menurunkan tekanan yang dapat mengakibatkan *knocking* selain itu kenaikan bebanpun berimbas pada penurunan tekanan yang akhirnya mengurangi potensi terjadinya *knocking*.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, tentang penggunaan biodiesel campuran antara kelapa dan kapuk dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pencampuran antara biodiesel dengan nilai yang tidak memenuhi standar SNI bisa dilakukan untuk mendapatkan nilai SNI, dimana dalam penelitian ini kelapa yang memiliki viskositas 3.41 cSt dan kapuk dengan viskositas 13.46 cSt bisa di campurkan dan didapatkan nilai SNI dengan pencampuran kadar tertentu. Untuk pencampurannya sendiri pendekatan yang digunakan ialah formula Bloomfield dengan rasio perbandingan error sebesar 1.1 %
- b. Performa yang dihasilkan dari bahan bakar B30 biodiesel campuran kelapa dan kapuk memiliki hasil sedikit lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar konvensional. Dilihat dari Daya, torsi , maupun BMEPnya bahan bakar biodiesel campuran memiliki nilai lebih baik. Untuk perbandingan bahan bakar campuran dengan viskositas 4 dan 6 bisa dilihat yang mana B30 campuran yang viskositasnya lebih besar dari segi performa lebih baik sedikit dibandingkan yang viskositas 4 namun untuk konsumsi bahan bakarnya lebih boros dibandingkan campuran B30 viskositas 4.
- c. Pembakaran yang dihasilkan dari bahan bakar B30 biodiesel campuran kelapa dan kapuk memiliki hasil sedikit lebih besar nilainya dalam hal ini tekanan yang dihasilkan dari proses pembakarannya. Dimana sebanding dengan hasil yang diperoleh dari perhitungan performa yaitu semakin besar daya, torsi dan BMEP maka semakin besar pula tekanan yang dihasilkan dari proses pembakarannya. Selain itu semakin besar nilai SFOC dari bahan bakar maka semakin besar pula tekanan pembakarannya. Untuk semua variasi bahan bakar B30 campuran dengan viskositas 6 memiliki karakteristik pembakaran terbaik dari semua bahan bakar. Untuk penambahan biodiesel sendiri pada bahan bakar konvensional dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan biodiesel dapat menaikkan karakteristik pembakaran dimana untuk *ignition delay* yang semakin cepat, *rate of heat release* yang semakin tinggi, tekanan yang semakin besar, dan menurunkan kemungkinan terjadinya *knocking*.

5.2 Saran

Dengan dilakukannya penelitian ini , tentang penggunaan biodiesel campuran antara kelapa dan kapuk serta dari hasil yang telah didapatkan, penulis memiliki saran agar penelitian ini dapat dikembangkan lebih lagi. Saran tersebut diantaranya :

- a. Penelitian selanjutnya dapat meneliti bahan bakar biodiesel campuran ini menggunakan campuran dari biodiesel lain untuk membuktikan apakah rumusan ini berlaku untuk semua jenis biodiesel.
- b. Penelitian selanjutnya dalam pembuktian kebenaran rumus yaitu kadar campuran, bisa melakukan pengujian di laboratorium dengan hasil yang lebih banyak lagi agar perbandingan dengan rumus bisa lebih akurat.
- c. Penelitian selanjutnya bisa mengikuti uji emisi, apakah emisi yang dihasilkan dari mencampur biodiesel yang berbeda akan lebih baik apa lebih buruk.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A. Gadallah, A., Morsi, A.K.El., El-Ibiari, N.N., El-Diwani, G.I. (2015), *Experimental and empirical study of diesel and castor biodiesel blending effect, on kinematic viscosity, density and calorific value*. Egyptian journal on Petroleum. 25,509-514.
- Anantharaman, Gopinath., Krishnamurthy, Sairam., Ramalingam, Velraj. (2013). *A Review on Combustion, Performance, and emission characteristics of Fuels derived from oil seed crops (biodiesel)*. Australian Journal of Crop Science, AJCS 7(9):1350-1354 (2013).
- Ariefianto, Muhammad Rizqi. (2016). Experiment and Simulation study of Single Cylinder Diesel Engine Performance, Using Soybean Oil Biodiesel. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Barabás, István. & Todoruț, Ioan-Adrian. (2011). *Biodiesel Quality, Standards and Properties*. Technical University of Cluj-Napoca. Romania.
- Bello,E.I. & A.A., Aldesuru. (2015). *Cottonseed (Gossypium arboreum) Oil Biodieseli*. Department of Mechanical Engineering, the Federal University of Technology. Akure Nigeria.
- Bloomfield, Victor A. (1971), *Viscosity of Liquid Mixture*. The Journal of Physical Chemistry, vol 75 no 20, 1971 pg 3113 -3119
- Bhangale, J.H.& Kulkarni, A. B. (2017), *A Review of the Effects of Biodiesel from Different Feedstocks on Engine Performance and Emissions*. Internasional Research Journal of Engineering and Technology (IRJET),volume :04 Issue:07 july 2017.
- Budi, Fiki Ardian Setio. (2016). *Analisa Engine Perform dan Combustion Process dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel – Minyak Kemiri Sunan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Gambill, W.R., 1959, "How to estimate mixtures viscosities", Chemical Engineering, 66, pg 151-152.
- Kareem , S.O., Falokun , E.I., Balogun S.A., Akinloye, O.A., Omeike , S.O.. (2016), *Enzymatic biodiesel production from palm oil and palm kernel oil using free lipase*. Egyptian Journal of Petroleum.
- Mofijur,M., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Atabani, A.E., Shahabuddin,M., Palash, S.M., Hazrat, M.A..(2013). *Effect of Biodiesel from various feedstocks on Combustion characteristics, engine durability and materials compatibility : a review*. Department of Mechanical Engineering, University of Malaya. Kuala Lumpur Malaysia.

- Nair, Jayashri N., Deepthi, J., Kalyani, K. Siva. (2013) , *Study of Biodiesel Blends and Emission Characteristics of Biodiesel*. Internasional Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, vol 2, Issue8, August 2013.
- Nariati, Susi. (2016). Influence Analysis Of The Iodine Number On Motor Performace with B20 and B30 Biodiesel Fuel from *Waste cooking oil*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran I : Rumus Perhitungan Kadar Campuran dan Performa

Rumus Perhitungan Kadar Campuran

- Metode Gambil

Metodenya Gambil (1959) menyatakan persamaan berikut digunakan untuk mengestimasi viskositas dari campuran 2 larutan.

$$V^{1/3} = X_a V_a^{1/3} + X_b V_b^{1/3} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

η : viskositas
 X : Fraksi Mol

- Metode Bloomfield

Pendekatan Bloomfield (1971) ini yaitu mengkorelasikan viskositas campuran dengan properties komponene murni dan dengan karakteristik parameter termodinamika dari interseksi antara komponen.

$$\ln \eta = X_1 \ln \eta_1 + X_2 \ln \eta_2 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

η : viskositas
 X : Fraksi Mol

Rumus Perhitungan Performasi

- Specific Fuel Oil Consumption (SFOC)

Konsumsi spesifik bahan bakar adalah parameter untuk kerja motor dimana berhubungan langsung dengan nilai ekonomis mesin. Sebab dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah konsumsi bahan bakar untuk menghasilkan daya dalam selang waktu tertentu.

$$FCR = \frac{v \times \rho}{t} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

FCR : laju aliran bahan bakar (gr/h)
 ρ : massa jenis bahan bakar (gr/m³)
 v : volum bahan bakar (m³)
 t : waktu yang diperlukan menghabiskan bahan bakar sebanyak 10 ml

$$SFOC = \frac{FCR}{P} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

SFOC : Konsumsi spesifik bahan bakar (gr/h)

FCR : laju aliran bahan bakar (gr/h)

P : daya (kW)

- Daya Motor

Daya motor adalah salah satu parameter untuk menentukan performa motor. Pengertian daya motor sendiri ialah besarnya kerja motor dalam selang waktu tertentu.

$$P = \frac{v \times i \times \cos \phi}{eff \ gen \times eff \ slip} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

P : daya (kW)

V : tegangan listrik (Volt)

I : arus listrik (Ampere)

cos ϕ : 0.9

Eff Gen: efisiensi generator (0.85)

Eff Slip: efisiensi slip (hitung)

- Torsi

Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energy yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya.

$$T = \frac{P \times 60000}{2 \pi \times rpm} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

T : torsi (Nm)

P : daya (kW)

rpm : putaran motor diesel (rpm)

- BMEP

Tekanan efektif rata – rata didefinisikan sebagai tekanan efektif dari fluida kerja terhadap piston sepanjang langkahnya untuk menghasilkan kerja per – siklus.

$$BMEP = \frac{P \times Z \times 10000}{V \times 2 \times 3.14 \times rps \times t} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

BMEP : tekanan efektif rata – rata (N/m^2)

P : daya (kW)

Z : konstanta 2 untuk 4 – stroke

V : volume langkah (m^3)

I : jumlah silinder

Lampiran II : Hasil Perhitungan Performa

Tabel Perhitungan Bahan Bakar B0

Putaran Engine		Beban	Putaran Alumunitor	Alternator		Bahan Bakar	Waktu	waktu	Densitas	Efisiensi		FCR (mf)	SFOC	Torsi	Volume		BMEP
(rpm) kontrol	(rpm) aktual	(watt)	(rpm)	Tegangan	Arus	(m3)	(detik)	(jam)	(gr/m3)	Slip	Daya	(gr/h)	(gr/kwh)	(Nm)	(m3)	(N/m²)	
1800	1805	1000	1308	178	3.5	0.00001	66	0.0183	840000	0.9928	0.6644	458.1818	689.5684	3.5170	0.000493	14267.8325	
1800	1802	2000	1302	191	7.7	0.00001	46	0.0128	840000	0.9899	1.5732	657.3913	417.8814	8.3408	0.000493	33836.9187	
1800	1803	3000	1299	194	12	0.00001	35	0.0097	840000	0.9870	2.4973	864.0000	345.9722	13.2333	0.000493	53684.8229	
1800	1806	4000	1296	193	16	0.00001	23	0.0064	840000	0.9831	3.3258	1314.7826	395.3310	17.5941	0.000493	71375.6358	
1900	1904	1000	1378	193	3.6	0.00001	64	0.0178	840000	0.9915	0.7420	472.5000	636.8267	3.7231	0.000493	15103.8718	
1900	1904	2000	1374	205	7.8	0.00001	41	0.0114	840000	0.9886	1.7125	737.5610	430.6914	8.5932	0.000493	34860.9671	
1900	1903	3000	1366	207	12.4	0.00001	29	0.0081	840000	0.9834	2.7637	1042.7586	377.3120	13.8751	0.000493	56288.4164	
1900	1904	4000	1363	205	16.7	0.00001	20	0.0056	840000	0.9807	3.6961	1512.0000	409.0792	18.5468	0.000493	75240.5872	
2000	2006	1000	1444	211	3.8	0.00001	55	0.0153	840000	0.9862	0.8609	549.8182	638.6844	4.1001	0.000493	16633.2287	
2000	2004	2000	1441	219	8.4	0.00001	37	0.0103	840000	0.9851	1.9772	817.2973	413.3519	9.4266	0.000493	38241.6938	
2000	2005	3000	1440	220	13.1	0.00001	27	0.0075	840000	0.9839	3.1013	1120.0000	361.1346	14.7784	0.000493	59952.7604	
2000	2006	4000	1435	219	17.3	0.00001	17	0.0047	840000	0.9800	4.0933	1778.8235	434.5709	19.4954	0.000493	79088.9876	
2100	2103	1000	1528	224	3.9	0.00001	52	0.0144	840000	0.9954	0.9292	581.5385	625.8163	4.2217	0.000493	17126.4350	
2100	2105	2000	1515	232	8.7	0.00001	37	0.0103	840000	0.9860	2.1675	817.2973	377.0773	9.8376	0.000493	39900.1340	
2100	2101	3000	1505	235	13.2	0.00001	23	0.0064	840000	0.9814	3.3468	1314.7826	392.8435	15.2195	0.000493	61742.3269	
2100	2105	4000	1504	233	17.9	0.00001	15	0.0042	840000	0.9789	4.5115	2016.0000	446.8629	20.4765	0.000493	83068.9681	

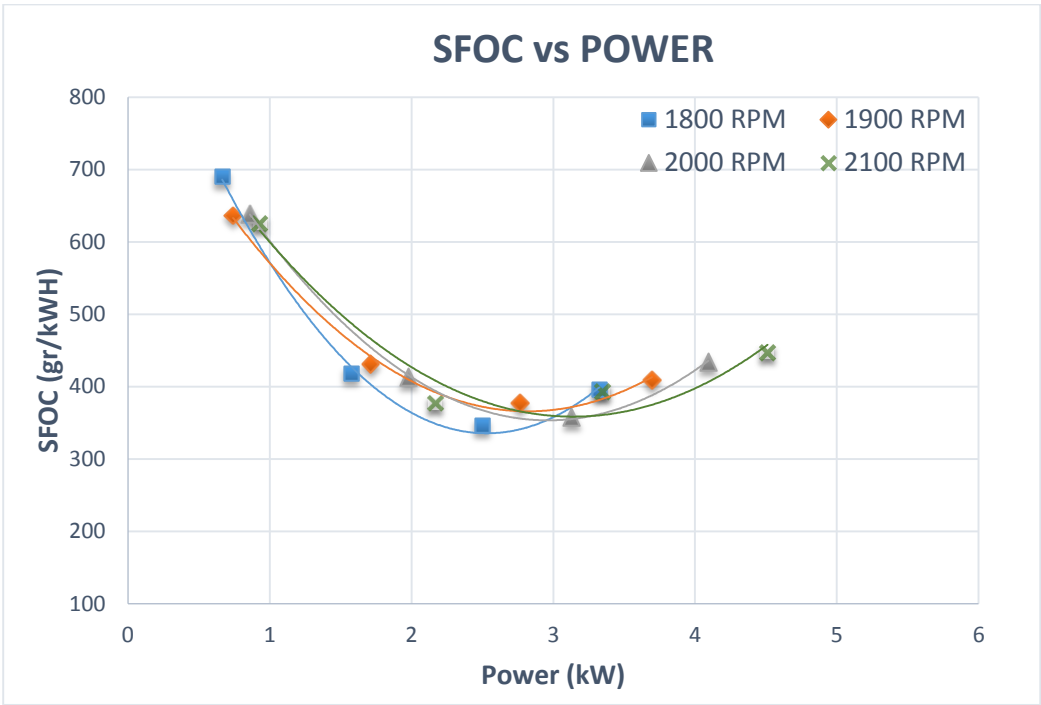
Tabel Perhitungan Bahan Bakar B30 kapuk

Putaran Engine	Be ban	Putaran Aluminiator	Alternator		Bahan Bakar	Waktu	waktu	Densitas	Efficiens i Slip	Daya	FCR (mf)	SFOC	Torsi	Volume Displace ment	BMEP	
			Tegangan	Arus												
(rpm) kontrol	(rpm) aktual	(watt)	(rpm)	(volt)	(Amper e)	(m3)	(de tsk)	(jam)	(gr/m3)	(kw)	(gr/h)	(gr/kwh)	(Nm)	(m3)	(N/m²)	
1800	1802	1000	1301	180.1	3.6	0.00001	66	0.0183	840000	0.9891	0.6941	458.1818	660.1477	3.6799	0.000493	14928.5153
1800	1802	2000	1295	191.2	7.9	0.00001	46	0.0128	840000	0.9845	1.6244	657.3913	404.6886	8.6127	0.000493	34940.0008
1800	1801	3000	1293	194.4	12.1	0.00001	34	0.0094	840000	0.9836	2.5322	889.4118	351.2392	13.4331	0.000493	54495.5206
1800	1804	4000	1294	194.2	16.3	0.00001	24	0.0067	840000	0.9827	3.4107	1260.0000	369.4268	18.0633	0.000493	73279.1213
1900	1904	1000	1374	193.7	3.6	0.00001	60	0.0167	840000	0.9886	0.7468	504.0000	674.8623	3.7475	0.000493	15202.7827
1900	1906	2000	1371	205.5	8.1	0.00001	42	0.0117	840000	0.9855	1.7885	720.0000	402.5754	8.9651	0.000493	36369.4799
1900	1907	3000	1370	209.2	12.6	0.00001	30	0.0083	840000	0.9842	2.8357	1008.0000	355.4636	14.2071	0.000493	57635.4061
1900	1903	4000	1361	205.7	16.7	0.00001	20	0.0056	840000	0.9798	3.7122	1512.0000	407.3028	18.6375	0.000493	75608.4504
2000	2006	1000	1447	209.1	3.8	0.00001	56	0.0156	840000	0.9882	0.8513	540.0000	634.2942	4.0547	0.000493	16449.2764
2000	2003	2000	1442	219.5	8.4	0.00001	38	0.0106	840000	0.9863	1.9794	795.7895	402.0367	9.4415	0.000493	38302.4231
2000	2002	3000	1436	221.9	13	0.00001	28	0.0078	840000	0.9827	3.1082	1080.0000	347.4645	14.8334	0.000493	60176.0829
2000	2004	4000	1436	221.2	17.3	0.00001	18	0.0050	840000	0.9817	4.1274	1680.0000	407.0350	19.6776	0.000493	79827.8597
2100	2105	1000	1519	224.7	3.9	0.00001	52	0.0144	840000	0.9886	0.9386	581.5385	619.6029	4.2600	0.000493	17281.7455
2100	2102	2000	1512	232.7	8.7	0.00001	36	0.0100	840000	0.9855	2.1752	840.0000	386.1711	9.8869	0.000493	40108.9732
2100	2107	3000	1511	236.7	12.3	0.00001	26	0.0072	840000	0.9825	3.1377	1163.0769	370.6824	14.2277	0.000493	57718.7085
2100	2105	4000	1509	227.3	17.3	0.00001	15	0.0042	840000	0.9821	4.2395	2016.0000	475.5313	19.2420	0.000493	78060.9799

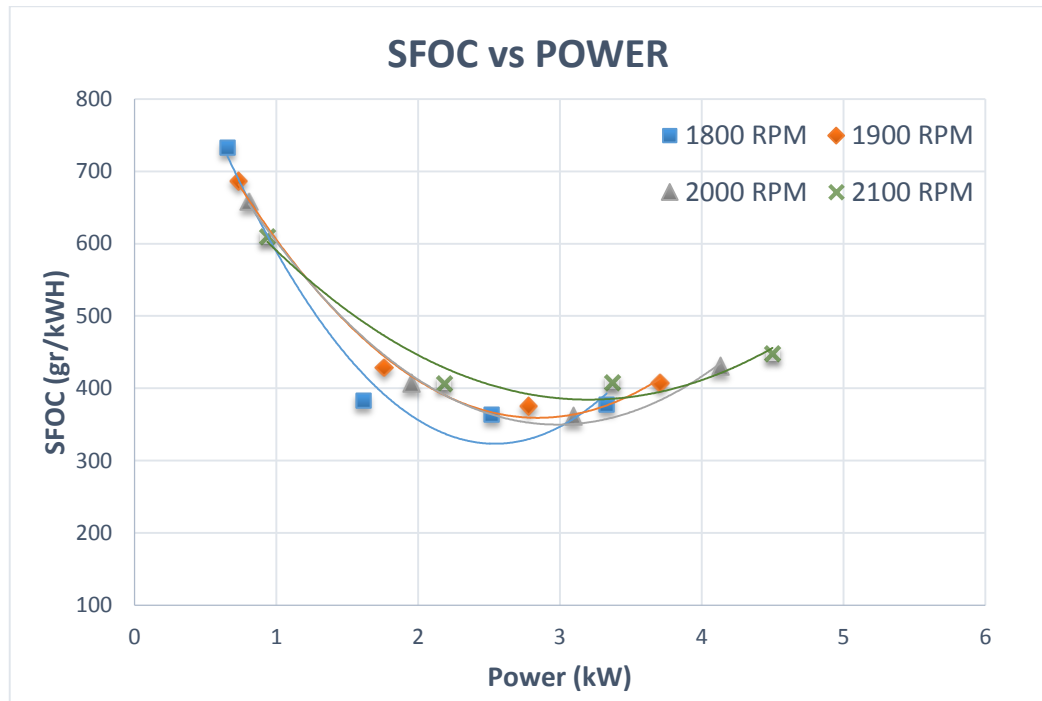
Tabel Perhitungan Bahan Bakar B30 campuran kelapa dan kapuk viskositas 6
(sebelum dicampur dengan dextrite)

Putaran Engine		Bahan	Putaran Alternator	Tegangan		Bahan Bakar	Waktu (detik)	waktu (jam)	Densitas (gr/m ³)	Efisiensi i Slip	Daya (kw)	FCR (ml)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	Volume Displace (m ³)	BMEP (N/m ²)
(rpm)	(rpm)			(volt)	(ampere)											
kontrol	aktual	(watt)	(rpm)			(m ³)										
1800	1807	1000	1306	180.7	3.5	0.00001	61	0.0169	840000	0.9902	0.6763	495.7377	733.0064	3.5758	0.000493	14506.4358
1800	1808	2000	1305	192.6	7.8	0.00001	43	0.0119	840000	0.9889	1.6086	703.2558	437.1913	8.5003	0.000493	34484.0347
1800	1807	3000	1298	194.9	12.1	0.00001	33	0.0092	840000	0.9841	2.5374	916.3636	361.1471	13.4158	0.000493	54425.2229
1800	1805	4000	1293	193.7	16.2	0.00001	24	0.0067	840000	0.9814	3.3855	1260.0000	372.1724	17.9201	0.000493	72698.2255
1900	1906	1000	1375	194.2	3.6	0.00001	60	0.0167	840000	0.9883	0.7490	504.0000	672.9079	3.7544	0.000493	15230.9407
1900	1903	2000	1370	204.6	8.1	0.00001	44	0.0122	840000	0.9863	1.7791	687.2727	386.2933	8.9323	0.000493	36236.6283
1900	1901	3000	1366	208.3	12.6	0.00001	31	0.0086	840000	0.9844	2.8229	975.4839	345.5619	14.1874	0.000493	57555.4979
1900	1903	4000	1362	206.4	16.8	0.00001	21	0.0058	840000	0.9805	3.7444	1440.0000	384.5730	18.7991	0.000493	76263.9977
2000	2004	1000	1448	209.5	3.7	0.00001	57	0.0158	840000	0.9899	0.8291	530.5263	639.8660	3.9529	0.000493	16035.9572
2000	2006	2000	1446	220.7	8.4	0.00001	38	0.0106	840000	0.9875	1.9877	795.7895	400.3602	9.4669	0.000493	38405.2880
2000	2003	3000	1436	222.3	13	0.00001	26	0.0072	840000	0.9822	3.1154	1163.0769	373.3328	14.8601	0.000493	60284.5571
2000	2009	4000	1433	221.3	17.3	0.00001	17	0.0047	840000	0.9772	4.1482	1778.8235	428.8136	19.7277	0.000493	80031.1442
2100	2102	1000	1517	224.1	3.9	0.00001	48	0.0133	840000	0.9887	0.9360	630.0000	673.1067	4.2542	0.000493	17258.3226
2100	2107	2000	1515	234.3	8.7	0.00001	34	0.0094	840000	0.9851	2.1910	889.4118	405.9349	9.9351	0.000493	40304.7849
2100	2105	3000	1510	235.9	13.4	0.00001	24	0.0067	840000	0.9828	3.4057	1260.0000	369.9641	15.4579	0.000493	62709.5222
2100	2106	4000	1508	236.2	18	0.00001	16	0.0044	840000	0.9810	4.5889	1890.0000	411.8598	20.8183	0.000493	84455.6593

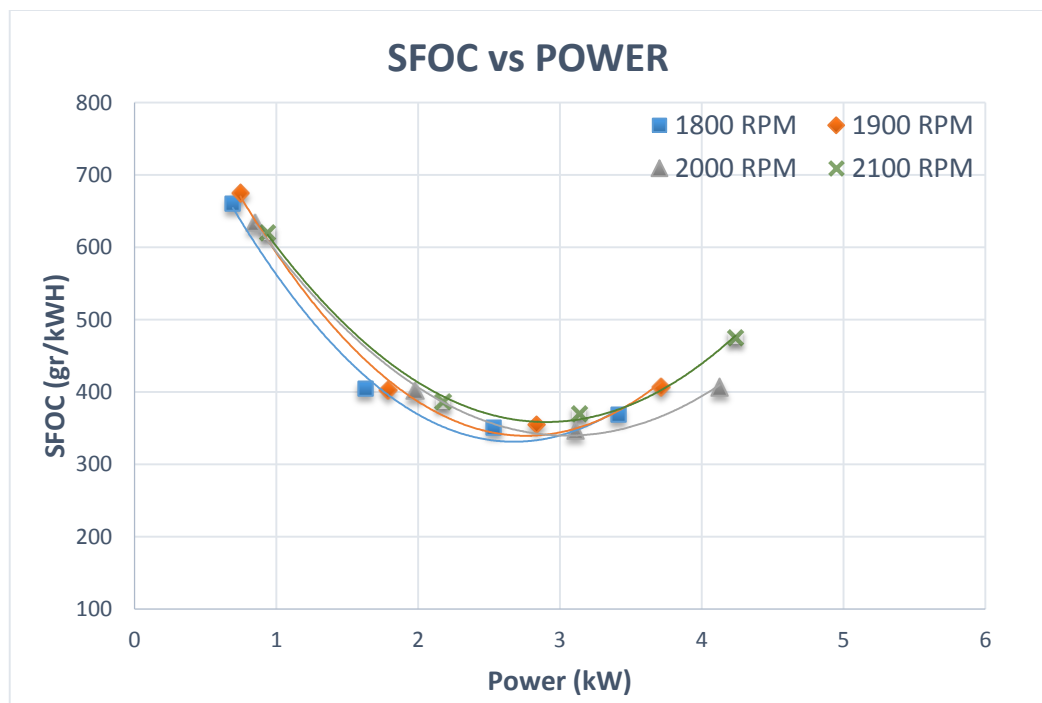
Lampiran III : Grafik Performa & Combustion



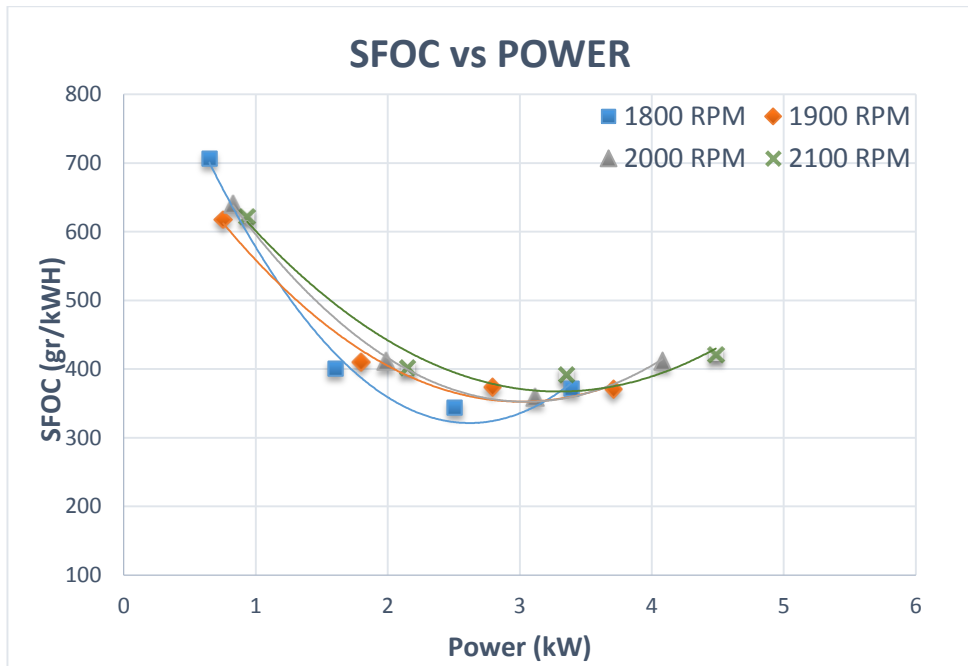
Grafik SFOC vs Daya B0



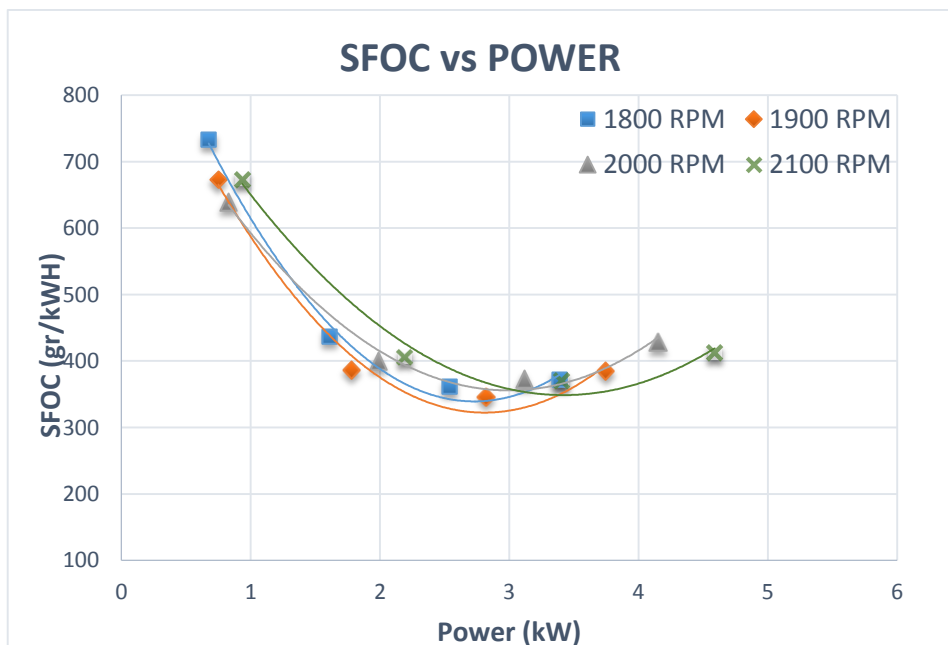
Grafik SFOC vs Daya B30 kelapa



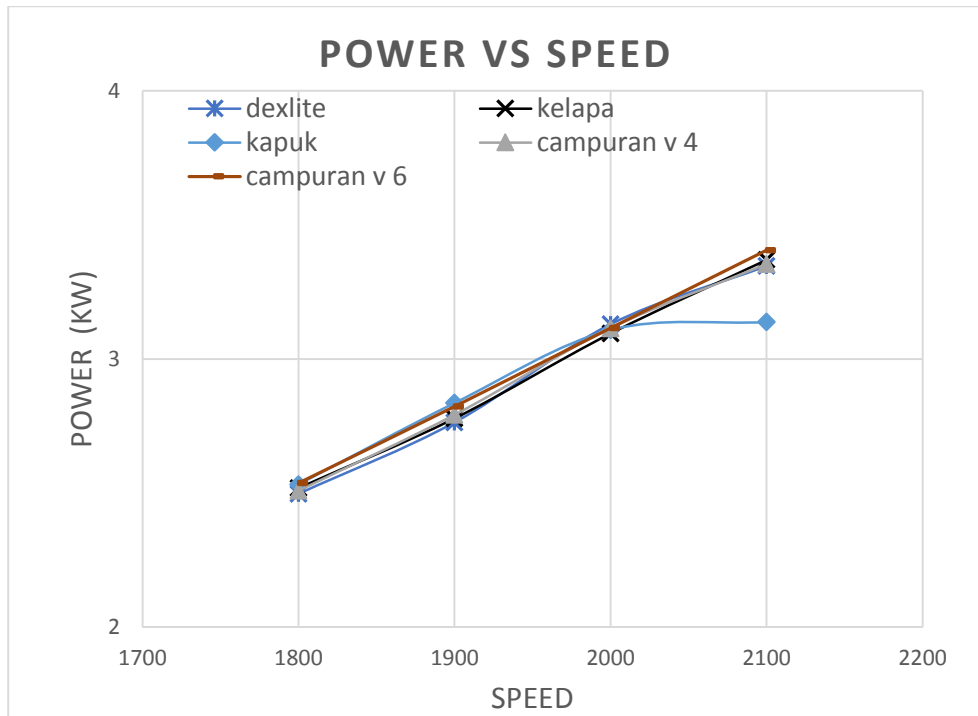
Grafik SFOC vs Daya B30 kapuk



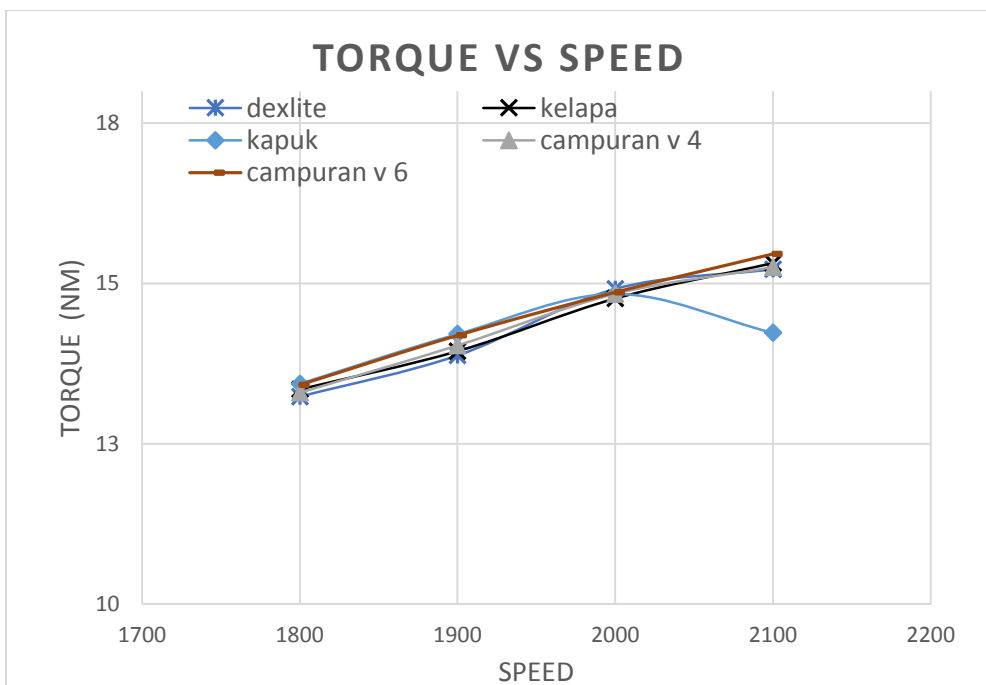
Grafik SFOC vs Daya B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 4



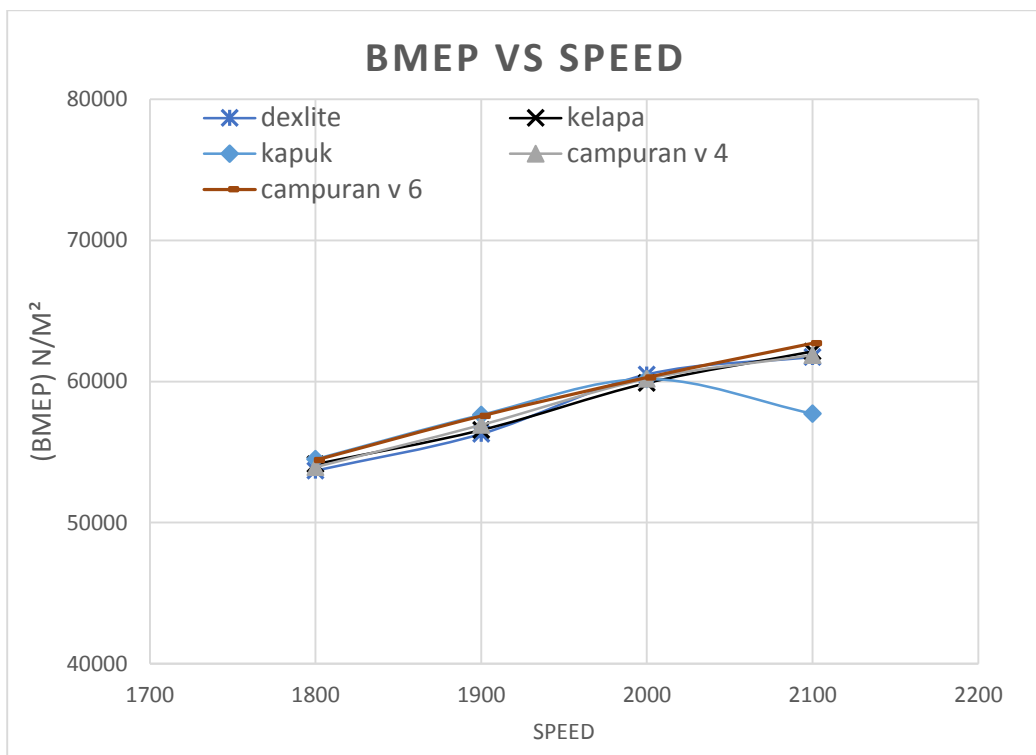
Grafik SFOC vs Daya B30 campuran kelapa dan kapuk dengan viskositas 6



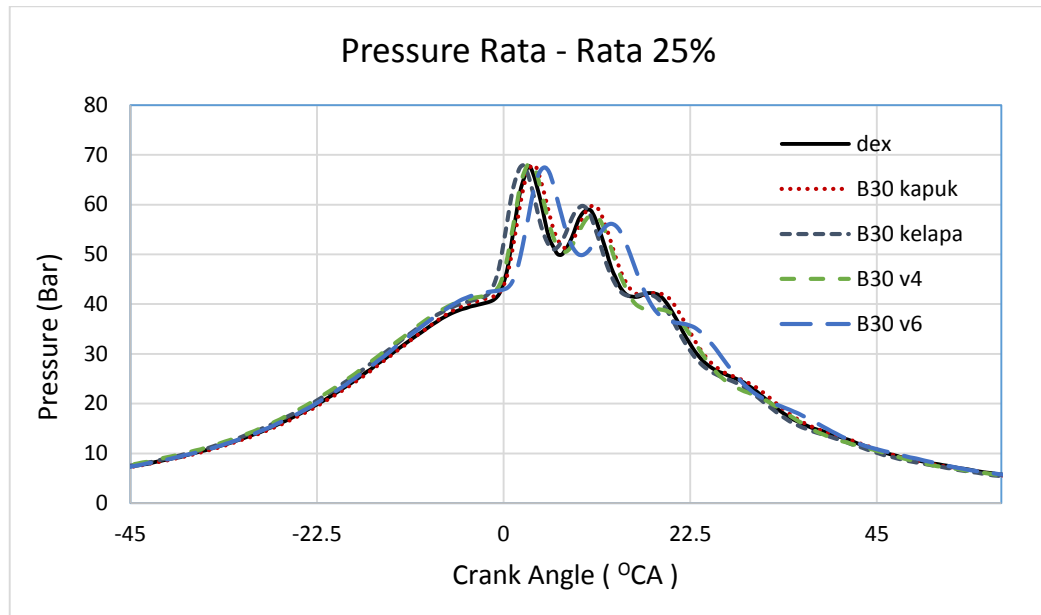
Grafik Power vs speed pada variasi bahan bakar



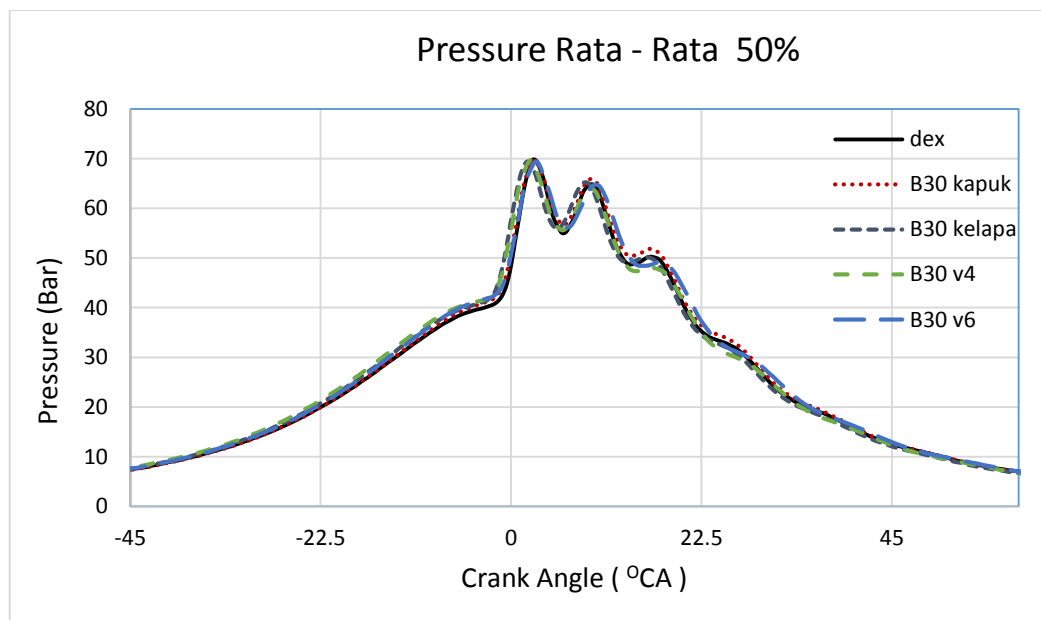
Grafik Torsi vs speed pada variasi bahan bakar



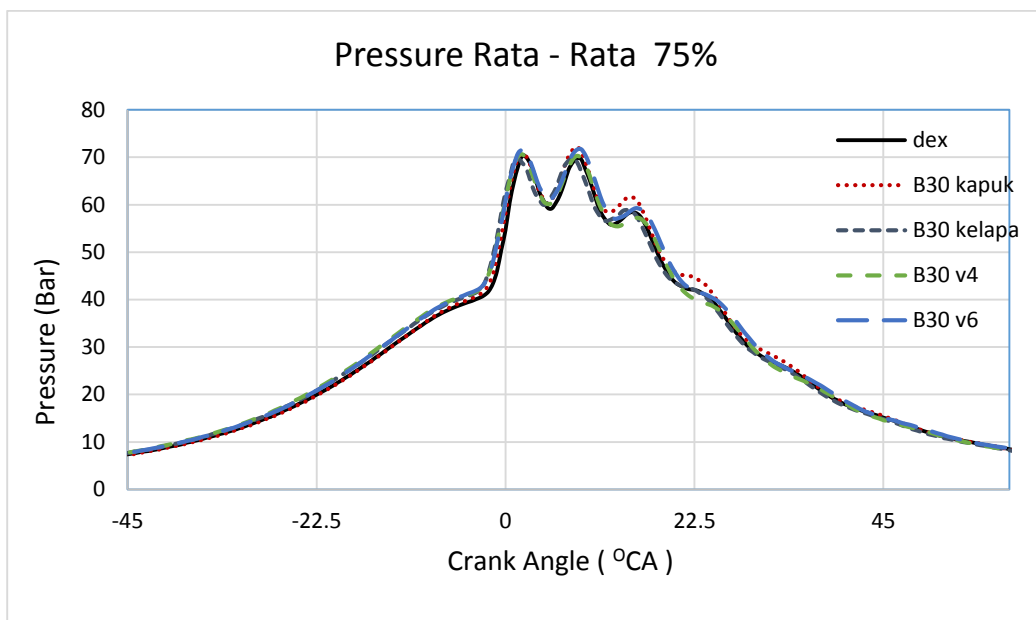
Grafik BMEP vs speed pada variasi bahan bakar



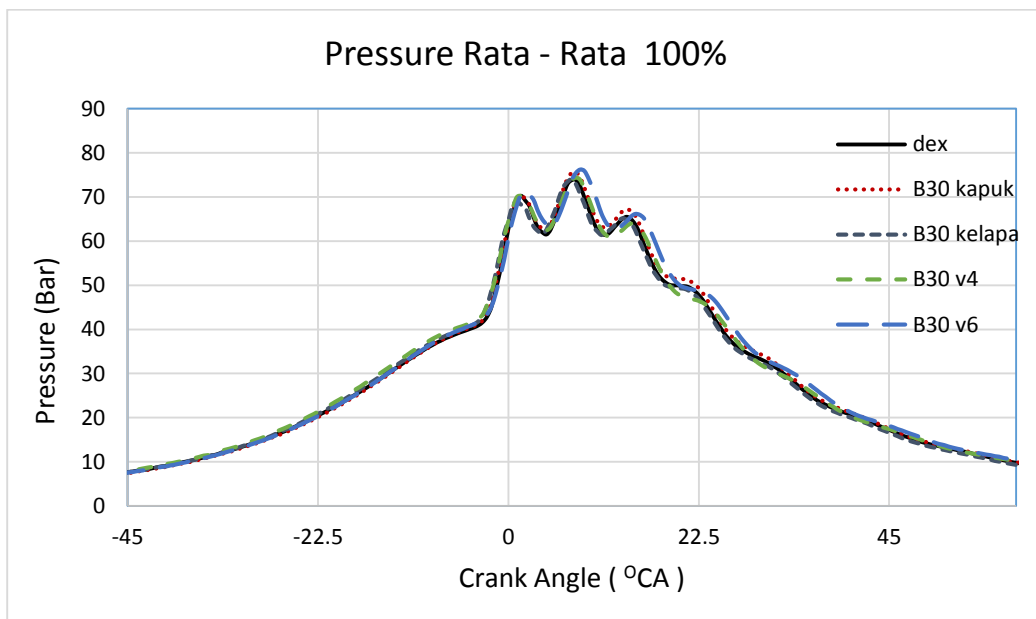
Grafik Pressure rata- rata pada rpm 2000, load 25%



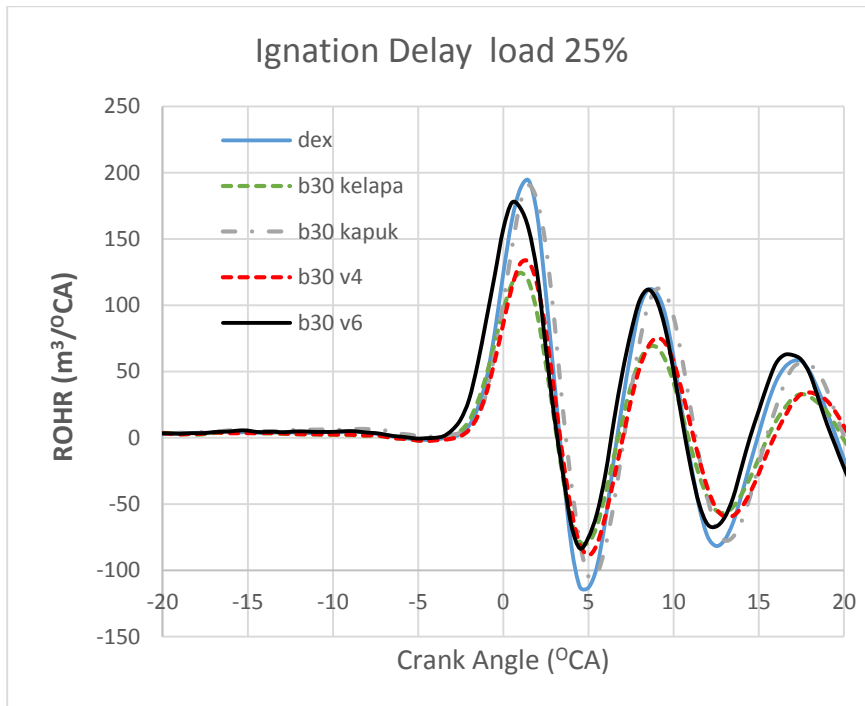
Grafik Pressure rata- rata pada rpm 2000, load 50%



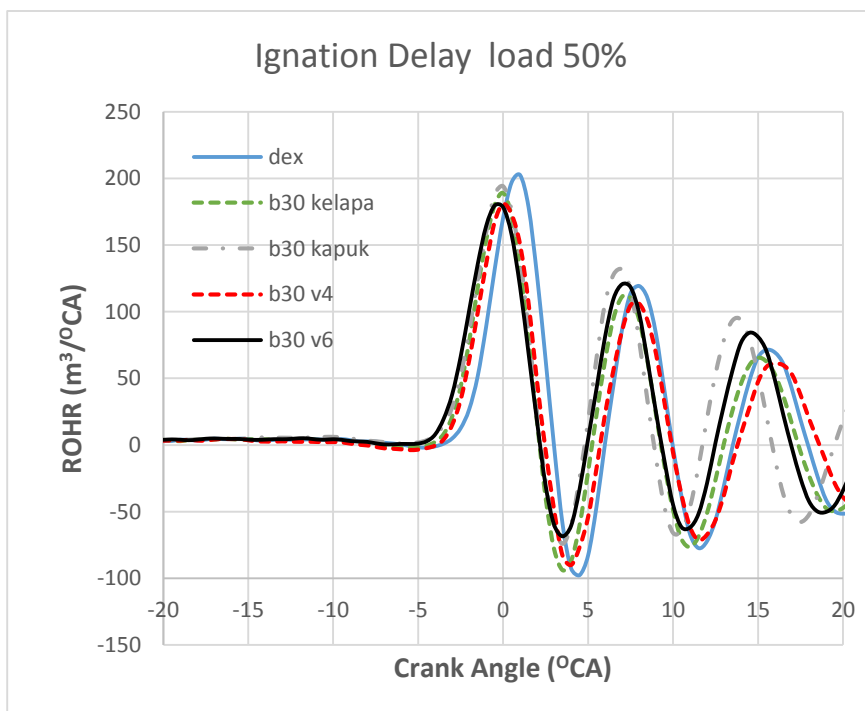
Grafik Pressure rata- rata pada rpm 2000, load 75%



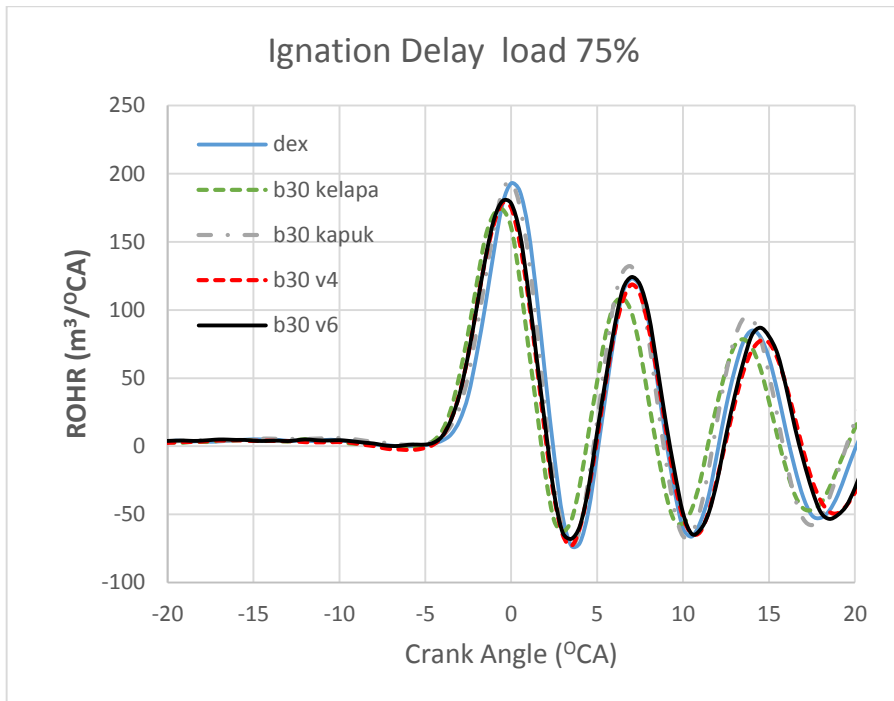
Grafik Pressure rata- rata pada rpm 2000, load 100%



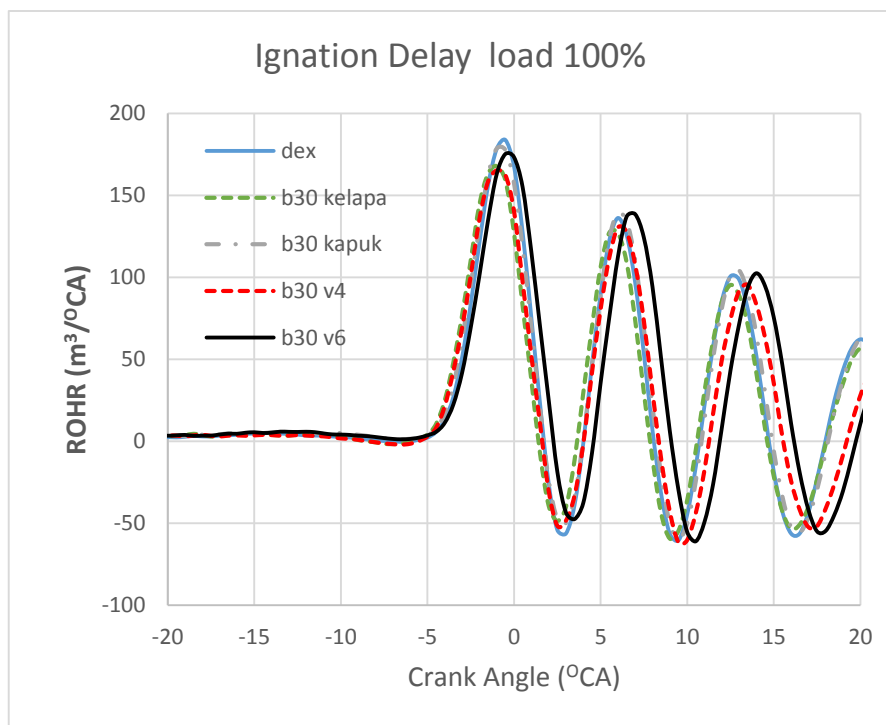
Grafik *Ignitation Delay* pada rpm 2000, load 25%



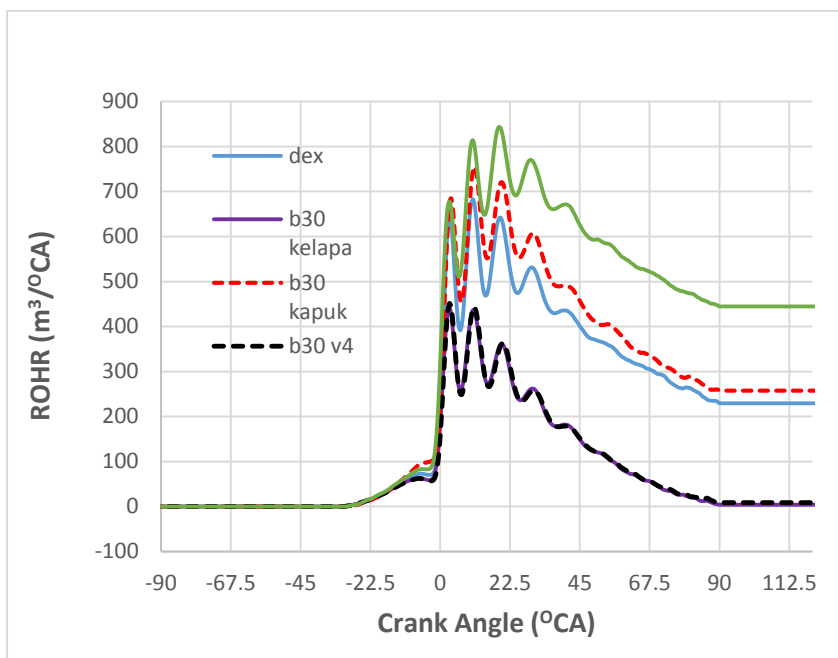
Grafik *Ignitation Delay* pada rpm 2000, load 50%



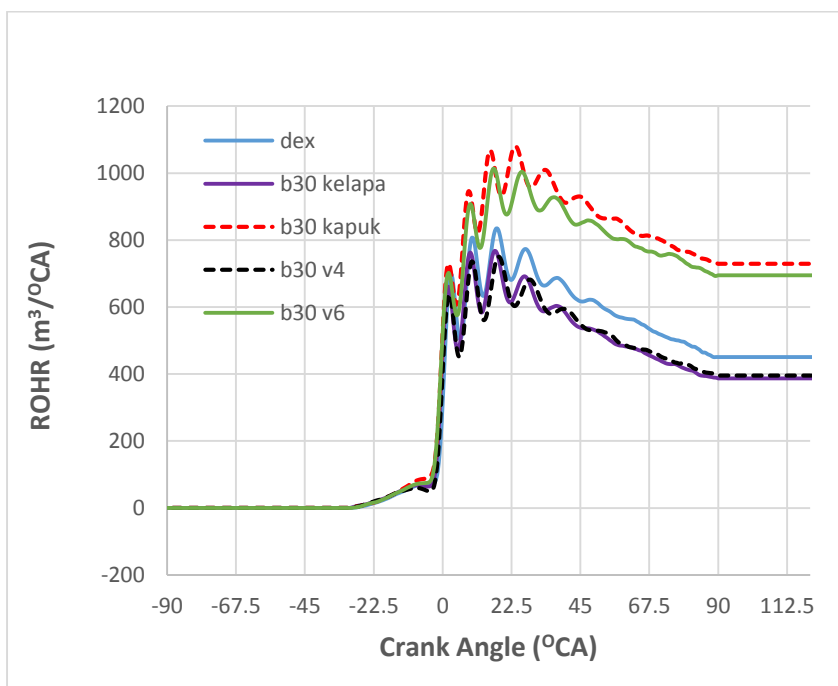
Grafik *Ignitation Delay* pada rpm 2000, load 75%



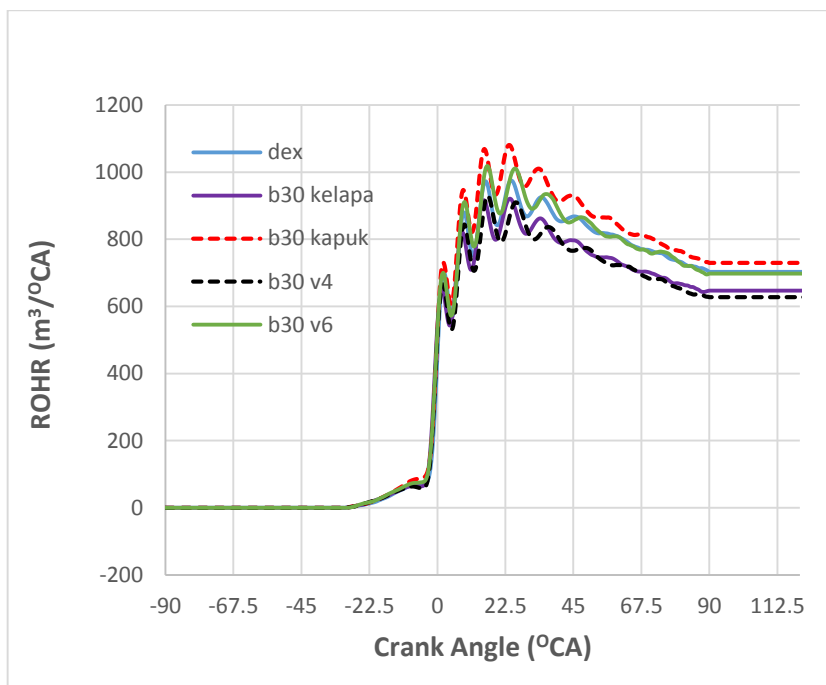
Grafik *Ignitation Delay* pada rpm 2000, load 100%



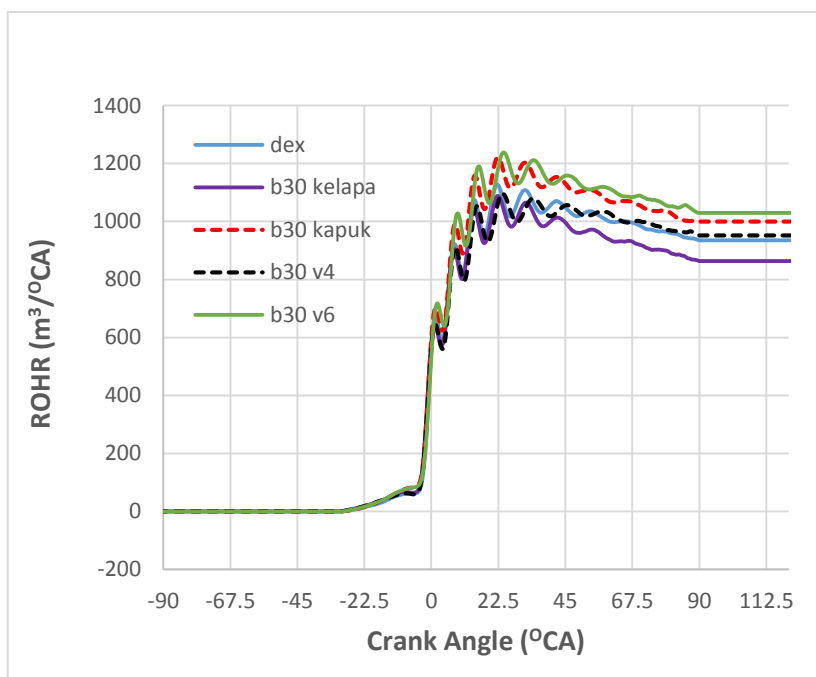
Grafik Rate of Heat release pada rpm 2000, load 25%



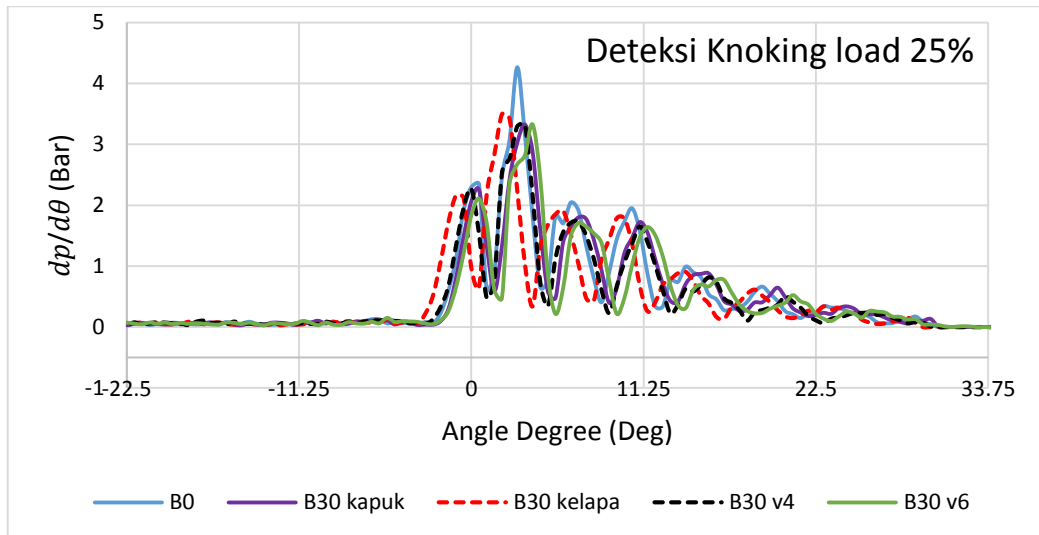
Grafik Rate of Heat release pada rpm 2000, load 50%



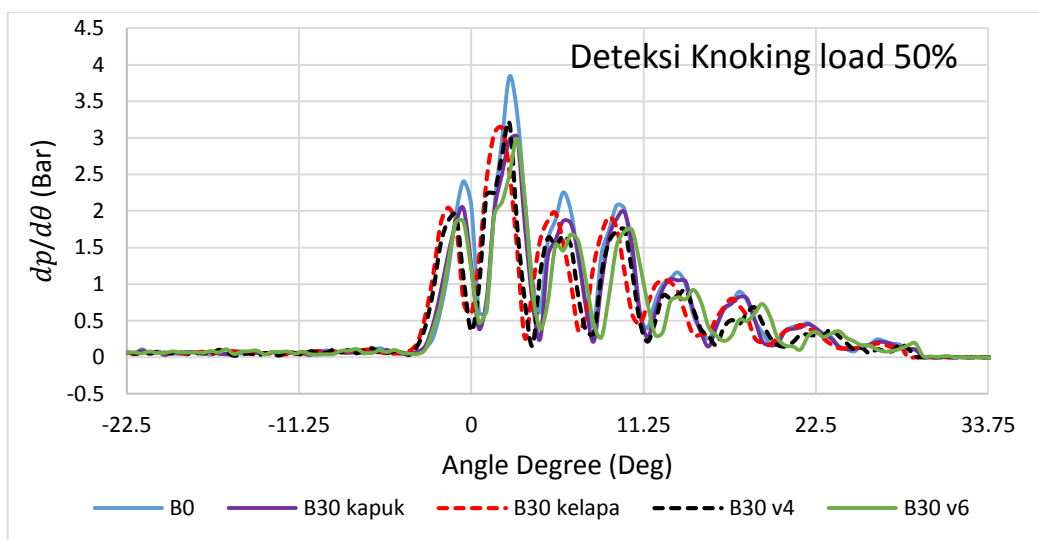
Grafik Rate of Heat release pada rpm 2000, load 75%



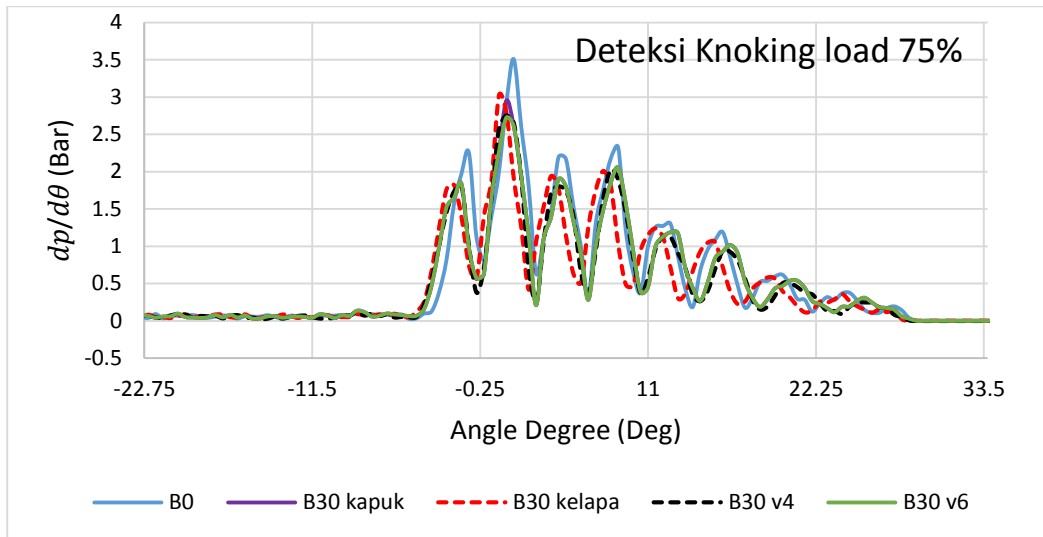
Grafik Rate of Heat release pada rpm 2000, load 100%



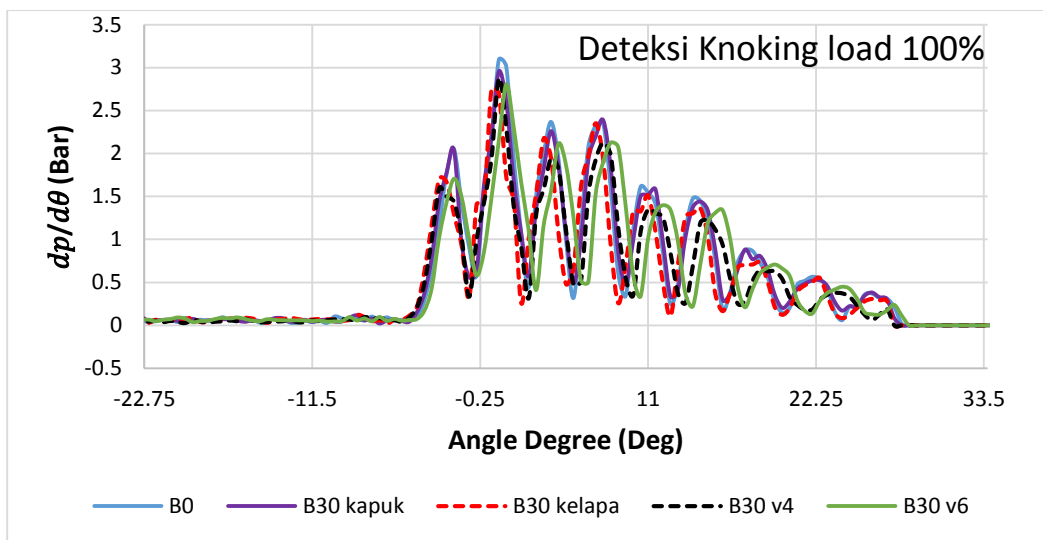
Grafik $dp/d\theta$ untuk deteksi *knocking* pada rpm 2000, load 25%



Grafik $dp/d\theta$ untuk deteksi *knocking* pada rpm 2000, load 50%



Grafik $dp/d\theta$ untuk deteksi *knocking* pada rpm 2000, load 75%



Grafik $dp/d\theta$ untuk deteksi *knocking* pada rpm 2000, load 100%

Lampiran IV : Hasil Pengujian Laboratorium



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
Telp : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
<http://www.lppm.its.ac.id>

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Ramdhan Febrianto
Alamat Pemilik : Sistem Perkapalan ITS
Nama Contoh : **Biodiesel** Tanggal Terima : 20 Okt 2017
Deskripsi : Bentuk : ~~Padat~~/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 24 Okt 2017
Contoh Volume : - Tanggal Selesai Pengujian : 26 Okt 2017
Kemasan : Botol Jumlah Contoh : 2
Kode Contoh : **EI-613**

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Biodiesel Kelapa	Densitas 15°C	0,87	gr/cm ³	Piknometer
		Kinematic Viscosity at 40°C	3,41	cSt	ASTM D 445 -97
		Flash Point	124	°C	ASTM D 93-00
		Lower Heating Value	18.261	BTU/lb	ASTM D 240

Suhu : 25,1°C
Humidity : 43 %
Analisis : NRS

Catatan:

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak
Laboratorium Energi dan Lingkungan

Dr. Ir. Susianto, DEA
NIP. 19620820 198903 1 004

Manajer Teknis

Vita Yuliana, S.Si
NIP. 914014001



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Ramdhan Febrianto Saputra
Alamat Pemilik : Sistem Perkapalan ITS
Nama Contoh : **Biodiesel**
Deskripsi : Bentuk : ~~Padat~~ Cair/Gas
Contoh Volume : -
Kemasan : Botol
Kode Contoh : **EI-685**
Tanggal Terima : 20 Nop 2017
Tanggal Pengujian : 22 Nop 2017
Tanggal Selesai Pengujian : 27 Nop 2017
Jumlah Contoh : 2

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Campuran	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	7,25	cSt	ASTM D 445-97
2	Kapuk	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	13,46	cSt	ASTM D 445-97
		<i>Density</i>	0,8893	gr/cm3	Piknometer

Suhu : 23,8°C
Humidity : 44%
Analisis : NRS

Catatan:

- Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
- Labotorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
- Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak
Laboratorium Energi dan Lingkungan

Dr. Ir. Susianto, DEA
NIP. 19620820 198903 1 004

Manajer Teknis

Vita Yuliana, S.Si
NIP. 914014001



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Ramdhan Febrianto Saputra
Alamat Pemilik : Sistem Perkapalan ITS
Nama Contoh : **Biodiesel**
Deskripsi : Bentuk : ~~Padat~~/Cair/Gas
Contoh Volume : -
Kemasan : Botol
Kode Contoh : **EI-721**
Tanggal Terima : 04 Des 2017
Tanggal Pengujian : 05 Des 2017
Tanggal Selesai Pengujian : 11 Des 2017
Jumlah Contoh : 5

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.


No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Kapuk	Flash Point	112	°C	ASTM D 93-00
		Lower Heating Value	18.175	BTU/lb	ASTM D 240
2	Campuran A	Kinematic Viscosity at 40°C	4,08	cSt	ASTM D 445 -97
3	Campuran B		5,11		
4	Campuran D		8,12		
5	Campuran E		10,73		

Suhu : 23,6°C
Humidity : 39%
Analisis : NRS


Catatan:

- Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
- Labotorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
- Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak
Laboratorium Energi dan Lingkungan


Dr. Ir. Susianto, DEA
NIP. 19620820 198903 1 004

Manajer Teknis


Vita Yuliana S.Si
NIP. 914014001

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Cimahi, 23 Februari 1994 merupakan anak ke 1 dari 3 bersaudara. Orang yang gemar dalam olahraga renang dan bersepeda ini telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah diantaranya SDN Sudirman 1 Cimahi, SMPN 1 Cimahi, dan SMAN 2 Cimahi dan melanjutkan ke strata satu di Departmen Teknik Sistem Perkapalan Surabaya. Penulis terdaftar dengan NRP 04211240000124. Penulis mengambil konsentrasi bidang *Marine Power Plant* (MPP). Selama berada di bangku perkuliahan, penulis aktif mengikuti beberapa Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) diantaranya Merpati Putih ITS dan *Maritime Challenge*. Selain unit kegiatan mahasiswa, penulis juga pernah aktif dalam organisasi kampus seperti Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) tingkat fakultas, dan terakhir saat tahun ketiga penulis menjadi teknisi dalam Big Event jurusan yaitu Marine Icon 2017. Selama semester akhir, penulis banyak menghabiskan waktu untuk menyelesaikan Tugas Akhir di Laboratorium *Marine Power Plant* (MPP) dan Getaran Mesin.